

А К А Д Е М И Я П А У К С С С Р

STAT

БЮЛЛЕТЕНЬ
ВСЕСОЮЗНОГО
АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

№ 17 (24)

1956



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

STAT

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

БЮЛЛЕТЕНЬ
ВСЕСОЮЗНОГО
АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Р. ФЕДЫНСКИЙ (отв. редактор), П. Я. БУГОСЛАВСКАЯ (зам. отв. редактора),
М. М. ДАГАЕВ, А. А. ИЗOTOB, П. П. ПАРЕНАГО, П. И. ПОПОВ,
В. А. БРОИШТЭИ (ученый секретарь)

№ 17 (24)

1956



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1956

STAT

ВТОРОЙ СЪЕЗД ВСЕСОЮЗНОГО АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

В. А. Бронштэн

С 25 по 31 января 1955 г. в Ленинграде состоялся 2-й съезд Всесоюзного астрономо-геодезического общества. В работе съезда приняло участие 115 делегатов с правом решающего голоса, представлявших 21 отделение Общества, Центральный совет, Центральную ревизионную комиссию и юридических членов Общества. Кроме того, на пленарных и секционных заседаниях съезда присутствовало около 300 гостей.

Со времени 1-го съезда ВАГО, который был в январе 1934 г., прошел 21 год, хотя по уставу ВАГО съезд должен созываться раз в 5 лет. Длительный промежуток между съездами не мог не сказаться отрицательно на работе Общества. Из состава Центрального совета, избранного на 1-м съезде, выбыло более половины членов, и состав Совета пополнился путем кооптации. Все же успехи, достигнутые за эти 20 лет, несомненны. Расширилась сеть отделений Общества и возросло число его членов, значительно улучшилась работа геодезических секций, проведены ценные научные работы по астрономии, постоянно ведется разнообразная массово-популяризаторская работа, оказана значительная помощь преподаванию астрономии в средней школе.

Первое пленарное заседание съезда, собравшееся вечером 25 января в конференц-зале Академии наук СССР, открылось вступительной речью академика А. А. Лебедева, который приветствовал съезд от имени и по поручению Президиума Академии наук СССР. После образования секций и комиссий (мандатной, по резолюции и т. д.) с отчетным докладом о деятельности ВАГО и перспективах развития его работы выступил председатель Центрального совета ВАГО член-корр. АН СССР А. А. Михайлов.

А. А. Михайлов сообщил, что к началу 1955 г. ВАГО имело 21 отделение, около 1200 действительных членов и 300 членов юношеских секций. Отделения ВАГО имеются в Москве, Ленинграде, Киеве, Харькове, Горьком, Одессе, Симферополе, Риге, Тарту, Куйбышеве, Сталинограде, Ярославле, Минске, Смоленске, Калинин, Свердловске, Молотове, Ереване, Новосибирске, Ташкенте, Алма-Ате¹.

Основные формы работы Общества и его отделений: научная работа в области астрономии и геодезии силами членов Общества; объединение любителей астрономии и руководство их работой; организация для членов Общества научных докладов; проведение теоретических конференций, дискуссий; обсуждение астрономо-геодезической литературы, а также наглядных пособий и кинофильмов; содействие преподаванию астроно-

¹ Уже после съезда образовались отделения ВАГО в Иркутске, Якутске и Сталинабаде.

нии в средней школе; помощь производственным геодезическим предприятиям; помощь стройкам пятой пятилетки (по линии геодезии); чтение лекций для населения; организация экскурсий на обсерватории, демонстрация небесных светил; издание научной и научно-популярной литературы и т. д.

За последние годы Общество добилося некоторых успехов по основным видам своей работы, часть которых (например, помощь стройкам) имеет важное народнохозяйственное значение. Несмотря на это, уровень работы Общества был ниже его возможностей. Отчасти это объясняется недостаточной помощью со стороны Академии наук СССР, недостатком, иногда и отсутствием материальной базы в некоторых отделениях, а отчасти — недостаточной активностью отделений на местах и слабым участием ученых-специалистов в работе Общества.

Основные недостатки в работе Общества были вскрыты в докладе председателя Центральной ревизионной комиссии А. А. Игнатова, а также в выступлениях по докладу А. А. Михайлова. Обсуждение отчетного доклада началось на первом пленарном заседании вечером 25 января и продолжалось на втором пленарном заседании 26 января. Всего выступили 31 делегат. Многие из них критиковали деятельность Центрального совета ВАГО, указывая на почти полное отсутствие живой связи его с отделениями, которая подменялась «бумажным руководством». Обмен опытом работы между отделениями был недостаточен. Выступавшие рассказали об опыте своей работы и внесли ряд ценных предложений, которые в дальнейшем нашли отражение в резолюциях съезда.

На пленарных заседаниях 27—29 января, а также на секционных заседаниях 26—29 января было заслушано и обсуждено 46 научных и научно-методических докладов по различным вопросам. Работа проходила одновременно в трех секциях: астрономической, геодезической и учебно-методической. Четвертая секция — массовая — работала совместно с учебно-методической и астрономической секциями.

В краткой статье невозможно осветить содержание всех докладов и многих выступлений по ним. Подробно их содержание будет изложено в «Трудах съезда», которые в настоящее время готовятся к печати. Мы постараемся дать лишь беглый обзор вопросов, рассмотренных в докладах и выступлениях на съезде.

ПЛЕНАРНЫЕ ЗАСЕДАНИЯ

27 января был заслушан доклад проф. И. С. Шкловского «Современное состояние вопроса о природе космического радиополучения». Известно, что наблюдаемое космическое радиополучение складывается из галактического (зарождающегося в пределах нашей Галактики) и метagalактического. В свою очередь галактическое радиополучение состоит, во-первых, из теплового излучения облаков ионизованного межзвездного газа и газовых туманностей, во-вторых — из «нетеплового» излучения, порождаемого релятивистскими электронами, движущимися в межзвездных магнитных полях, и, в-третьих, из излучения дискретных источников — остатков вспышек сверхновых и новых звезд. После вспышек этих звезд происходит расширение образовавшихся при вспышках оболочек, сопровождающееся возникновением магнитных полей, в которых движутся релятивистские электроны — их излучение в радиодиапазоне мы и наблюдаем. Проблема космического радиополучения тесно связана с проблемой происхождения первичной компоненты космических лучей и природой сверхновых и новых звезд. Метagalактическое излучение складывается из излучения далеких галактик и метagalактического вещества. Изучение последнего является одной из задач радиоастрономии.

Большой интерес вызвал доклад акад. В. А. Амбарцумяна «Проблемы современной астрофизики». Отметив развитие новых методов астрофизических исследований, основанных на применении фотоэлементов, фотоумножителей, электронно-оптических преобразователей, а также развитие радиоастрономии, докладчик наметил проблемы, которые в первую очередь нужно поставить перед астрофизикой. Среди этих проблем — многоцветная колориметрия и разработка многомерной классификации звезд по их спектрам, исследование ультрафиолетовых спектров Солнца и звезд, определение лучевых скоростей звезд, изучение движений вещества в диффузных туманностях и их происхождения, изучение правильных и полуправильных переменных звезд, в частности звезд типа Т Тельца, а также новых и сверхновых звезд, изучение межзвездных магнитных полей, проблема различия химического состава звезд, выяснение причин колебания солнечной активности и некоторых вопросов физики Солнца и, наконец, проблема источников звездной энергии. По мнению докладчика, термоядерные реакции — не основной источник энергии звезд. Возможно, что энергия в звездах выделяется за счет других процессов, на которые следует обратить внимание. Очень важная проблема — космогония солнечной системы, так как из одной из имеющихся гипотез (в том числе и гипотеза академика О. Ю. Шмидта) не даст полного решения вопроса.

Доклад В. А. Амбарцумяна вызвал оживленное обсуждение, продолжавшееся на следующем заседании. Выступая по его докладу, проф. П. А. Козырев высказал мнение, что в звездах нет каких-либо специальных источников энергии — энергия выделяется в недрах звезд потому, что некоторые процессы необратимы во времени.

К этим двум докладам примыкает доклад акад. В. Г. Фесенкова «Материализм и идеализм в астрономии», который был зачитан на пленарном заседании 29 января. В этом докладе на конкретных примерах В. Г. Фесенков подчеркнул глубокое различие в подходе к объяснению наблюдаемых явлений во Вселенной между материализмом и идеализмом. Так, истолкование астрономами-идеалистами наблюдаемого разбегания галактик как общего «расширения» Вселенной и связанные с этим попытки оценить «возраст» Вселенной вступают в противоречие с установленным фактом постоянства расстояний до шаровых скоплений в нашей Галактике. Очень важен диалектический подход в таком важном вопросе, как причинная связь наблюдаемых явлений. Докладчик особо остановился на вопросах звездной космогонии и проблеме существования жизни во Вселенной, подчеркнув, что последний вопрос нельзя подменять (в идеологическом отношении) вопросом о наличии или отсутствии жизни на Марсе.

В дискуссии по докладам В. А. Амбарцумяна и В. Г. Фесенкова приняло участие 10 человек.

Пленарное заседание 28 января было посвящено вопросам геодезии и астрометрии. Первым был заслушан доклад проф. А. С. Чеботарева «Успехи и задачи советской геодезической науки». Начав с первых лет развития советской геодезии, докладчик на многих примерах показал превосходство нашей геодезической науки над зарубежной. Тесное сотрудничество астрономии, геодезии и гравиметрии позволило получить наиболее точные данные о форме и размерах земного сфероида. Мы идем впереди других стран в области высокоточного нивелирования, астрономо-геодезические измерения производятся у нас быстрее и точнее и покрывают огромную территорию нашей страны. Большие успехи достигнуты и в области аэрофотосъемки. Неоценимую помощь оказывает советская геодезия в области освоения обширных пространств страны, строительства гидроэлектростанций и каналов и даже в инженерном деле (строи-

тельство метрополитена, различных сооружений и т. д.). Весьма велики и задачи, стоящие перед советской геодезией и картографией.

Следующий доклад сделал заместитель начальника Главного управления геодезии и картографии С. Г. Судakov на тему «Достижения и задачи топографо-геодезического производства». Докладчик отметил успехи картографического производства (завершено картографирование территории СССР в государственном масштабе), развитие топографических съемок крупных масштабов, переход к новой программе построения государственной геодезической сети СССР и объединение топографо-геодезических работ в единой общесоюзной системе координат, успехи геодезического приборостроения, а также подготовки кадров геодезистов. Докладчик наметил ряд важных задач, стоящих перед топографо-геодезическим производством СССР.

В своем докладе «Современные проблемы астрономии» член-корр. АН СССР М. С. Зверев наметил следующие три основные проблемы: 1) создание фундаментальных систем звездных положений, 2) изучение вращения Земли и определение астрономических постоянных, 3) изучение вопросов строения и развития Галактики астрометрическими методами. Большое значение для решения первой проблемы имеют работы по составлению каталога слабых звезд, который поможет привести к единой системе многие меридианные и фотографические каталоги. Докладчик отметил несогласованность между собой некоторых значений принятых в настоящее время астрономических постоянных и указал пути к исправлению их. Большое значение для звездной астрономии и космогонии будут иметь такие работы, как изучение движения звезд в ассоциациях, звездных скоплениях, а также звезд, имеющих планетоподобных спутников.

На вечернем пленарном заседании 29 января, кроме упомянутого ныне доклада В. Г. Фесенкова и дискуссии по трем астрофизическим докладам, были заслушаны доклады В. В. Базыкина «Научно-атеистическая пропаганда в астрономии» и проф. Б. В. Кукаркина «Задачи популяризации астрономии».

В. В. Базыкин на основе известных решений ЦК КПСС о развертывании научно-атеистической пропаганды сформулировал в своем докладе задачи советских астрономов в этой области. Борьба против религиозных предрассудков — это борьба идеологическая, поэтому нужно в популярных лекциях, беседах, книгах подчеркивать, что религия — это форма общественного сознания, имеющая глубокие социальные и классологические корни. Надо не только сообщать населению о достижениях науки, но и подчеркивать их атеистическое значение. Следует разоблачать попытки церковников приспособить данные науки для укрепления религии. Основные задачи атеистических лекций: показ материального единства мира и его закономерностей, опровержение противопоставления «земного» и «небесного», распространение материалистических представлений о естественном происхождении и непрерывном развитии небесных тел, о вечности и неуничтожимости материи, разъяснение закономерностей развития всех явлений в материальном мире, доказательство познаваемости мира и его законов.

Необходимо обобщать опыт атеистической пропаганды по астрономии, накопленный планетариями, отделениями ВАГО и другими организациями.

В докладе Б. В. Кукаркина была освещена работа по популяризации астрономии и были подвергнуты критике некоторые вышедшие за последние годы научно-популярные книги. Необходим деловой контакт между Всесоюзным обществом по распространению политических и научных знаний, отделениями ВАГО, планетариями, научными учреждениями,

ведущими массовую работу. Очень важно организовать в стране сеть народных обсерваторий, которые явятся могучим средством популяризации астрономических знаний среди широких кругов населения.

Эти два доклада также вызвали активное обсуждение.

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

Утром 26 января состоялось объединенное заседание астрономической и геодезической секций, посвященное различным астрономо-геодезическим проблемам.

Доклады проф. И. Д. Жонголовича, проф. А. А. Изотова и члена-корр. АН СССР М. С. Молоденского были посвящены вопросам определения формы и размеров Земли астрономо-геодезическими и гравиметрическими методами. Была подчеркнута необходимость одновременного применения различных методов определения формы геоида и физической фигуры Земли, а также гравитационного поля Земли.

Е. П. Федоров в своем докладе «Изменение широт и движение полюсов Земли» отметил, что твердо установлены два периодических движения полюсов Земли: свободная нутация, зависящая от вращения Земли, и вынужденное годовое движение, связанное с сезонными перемещениями масс воздуха в атмосфере. Одной из очередных задач является выявление вековых перемещений полюсов, а также изменений широты, не связанных с движением полюсов. Докладчик подверг критике работу Международной службы широты и подчеркнул значение работ и задачи Советской службы широты.

Проф. Н. Н. Павлов в докладе «Вращение Земли и единицы измерения времени» рассмотрел известные виды неравномерностей вращения Земли. Поскольку запросы науки требуют введения счета времени, неотягощенного вытекающими из неравномерности вращения Земли ошибками, введено так называемое эфемеридное время. Поправки эфемеридного времени требуют постановки точных позиционных наблюдений Луны и независимого контроля частоты при помощи молекулярных часов, имеющих точность до 10^{-9} .

Доклад А. Н. Кузнецова был посвящен задачам научно-исследовательской работы в области практической астрономии для нужд геодезии. В числе этих задач — создание новых высокоточных полевых приборов, исследование приборов, методов наблюдений и их ошибок, разработка новых методов определения времени, азимута и широты, широкое внедрение фотоэлектрических методов.

Утреннее заседание 27 января было посвящено вопросам астрофизики, звездной астрономии и космогонии.

Академик Г. А. Шайн в докладе «Роль межзвездной диффузной среды и газово-пылевых туманностей» обратил внимание на структуру вытянутых газовых туманностей. Эти туманности следует рассматривать как гидродинамические образования: движение вещества в них связано с наличием магнитных полей, влиянием которых можно объяснить форму этих туманностей. Докладчик рассказал о распределении диффузной материи в Галактике и о газово-пылевых туманностях в других галактиках. Доклад был иллюстрирован многочисленными фотографиями туманностей, полученными на Крымской обсерватории.

В докладе Т. А. Агекяна был дан обстоятельный обзор наших знаний о строении Галактики.

Доклад А. Л. Зельманова был посвящен критике современной буржуазной космологии. Докладчик указал на несостоятельность релятивистских космологических моделей и невозможность однозначного построения такой модели вообще, на незаконный перенос особенностей извест-

ной нам части Метагалактики на всю Вселенную идеалистами (теория «расширяющейся Вселенной»), на идеалистические выводы о конечности Вселенной и ограниченности ее во времени, на «теории» одновременного возникновения всех космических объектов, на «гипотезы» творения материи, которые используются в некоторых космологических теориях. Докладчик подчеркнул значение правильной диалектико-материалистической постановки вопроса в космологии.

В своем докладе «К вопросу о жизни на других планетах» член-корр. АН СССР Г. А. Тихов осветил достижения астробиологии по своим работам и работам своих сотрудников. Он подчеркнул идеологическое значение разрешения вопроса о наличии жизни на Марсе. Докладчик высказал свои соображения в связи с объяснением ряда наблюдательных фактов: в свете предположения о наличии растительности на Марсе и привел некоторые данные в пользу возможности жизни бактерий на планетах-гигантах.

По докладу Г. А. Тихова развернулась дискуссия, в ходе которой было подвергнуто критике высказывание академика В. Г. Фесенкова, отрицавшего существование на Марсе растительности. В частности, было указано, что недостаточно резкое отличие оптических свойств марсианских «морей» от свойств «материков» можно объяснить тем, что растительность на Марсе очень редкая и занимает лишь небольшую долю поверхности темных областей («морей»).

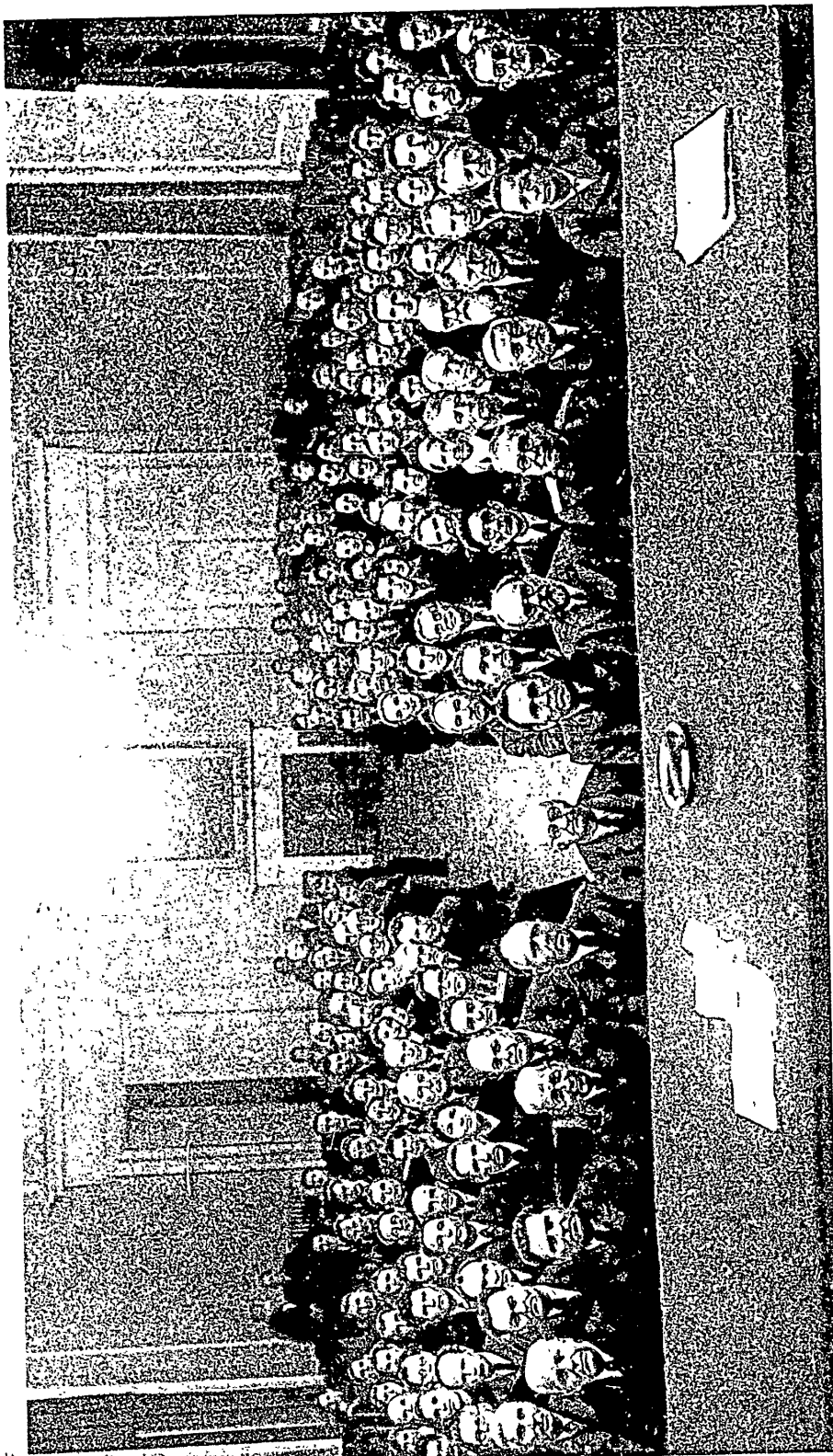
Утреннее заседание 28 января открылось докладом проф. М. Ф. Субботина, в котором были сформулированы основные задачи теоретической астрономии: выяснение достаточности закона тяготения Ньютона для объяснения всех особенностей движения небесных тел, изучение их движения на основе закона тяготения, усовершенствование аналитических методов небесной механики. Докладчик отметил, что рост вычислительной техники и применение счетно-аналитических машин позволяют в ближайшее время перейти во многих случаях от аналитических решений к методам численного интегрирования.

Проф. Н. С. Яхонтова сделала обзор развития наших знаний о малых планетах и о методах их исследования — как небесно-механических, так и астрофизических. В заключение она остановилась на вопросе о происхождении малых планет, высказавшись в пользу гипотезы распада первоначальной большой планеты.

Е. И. Кринов прочитал доклад «Успехи и очередные задачи советской метеоритики», в котором сообщил о результатах последних исследований Сихотэ-Алинского метеорита и материалах по Тунгусскому метеориту, о некоторых морфологических особенностях метеоритов, новых исследованиях их химического состава, определениях их возраста радиоактивными методами и, наконец, об их вероятном происхождении от распада более крупных тел (аналогично астероидам).

Проф. В. В. Федынский рассказал о развитии метеоритной астрономии в СССР. Характерная черта современного этапа развития этой отрасли астрономии — применение новых методов исследования: фотографического патрулирования, магнитных методов и радиолокации. В то же время и визуальные наблюдения не потеряли своего значения. В докладе были намечены конкретные задачи нашей метеоритной астрономии. Основная — это изучение свойств земной атмосферы по условиям полета метеоров и изучение орбит метеорных потоков, болидов и метеоритов для выяснения связи между метеорами, кометами и астероидами, что имеет важное космогоническое значение. Докладчик призвал отделения ВАГО к активному участию в этих исследованиях.

Утреннее заседание 29 января было посвящено вопросам организации научно-исследовательской работы в отделениях ВАГО. С докладом по этому вопросу выступил В. А. Бронштейн, говоривший о формах научной



Пленарное заседание второго Всесоюзного астрономо-геодезического общества
(Ленинград, конференц-зал Академии наук СССР)

работы ВАГО. Это, во-первых, наблюдения Солнца, планет, метеоров, переменных звезд и обработка этих наблюдений, выполняемые любителями, объединенными в коллективы наблюдателей при отделениях ВАГО; во-вторых, некоторая научная работа, которую ведут специалисты по линии ВАГО. Сюда относятся прежде всего наблюдения полных солнечных затмений, а также широтные наблюдения на Горьковской широтной станции. Необходимо создать сеть обсерваторий отделений ВАГО, на которых могла бы базироваться научная работа членов ВАГО.

И. С. Щербина-Самойлова призвала к организации массовых любительских наблюдений Солнца по единой программе под руководством специалистов. Она наметила ряд конкретных задач, осуществимых силами любителей.

Н. П. Гринин рассказал о задачах, методах и накопленных результатах наблюдений серебристых облаков. Эти наблюдения, имеющие важное значение для изучения свойств верхних слоев атмосферы и самих облаков, доступны каждому любителю и должны быть организованы в отделениях ВАГО, расположенных севернее 50° широты. Доклад был иллюстрирован прекрасными фотографиями серебристых облаков, полученными докладчиком, и кинофильмом, снятым в Геофизическом институте АН СССР методом цейттраферной съемки, что дает возможность видеть на экране развитие облаков, ускоренное в сто раз.

По этим докладам выступило 12 человек. И. В. Матвеев продемонстрировал разработанные им проекты небольших любительских обсерваторий и рассказал об опыте строительства Зубчанниковской обсерватории Кузбывшевского отделения ВАГО. С. Г. Кулагин говорил о работе Горьковской широтной станции. Большинство выступавших указывало на необходимость развивать и улучшать любительские наблюдения и любительское телескопостроение, а также вычислительные работы. Многие отмечали недостаточное внимание специалистов к запросам любителей.

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

На утреннем заседании 27 января с докладом «Построение государственной опорной геодезической сети в СССР» выступил заместитель начальника Главного управления геодезии и картографии С. Г. Судаков. Он указал, что переход к новой программе построения государственной геодезической сети СССР не только повышает точность последней, но и полностью обеспечивает производство топографических съемок крупных масштабов. На базе опорной геодезической сети обеспечено проведение всех геодезических работ с обязательной привязкой их к опорной сети.

Проф. А. Н. Дурнев рассказал об опыте работы по построению опорных геодезических сетей на крупных гидроузлах. Строительство больших гидроэлектростанций в СССР, имеющее огромное народнохозяйственное значение, выдвинуло перед советскими геодезистами новые проблемы. ВАГО приняло активное участие в обсуждении таких вопросов, как построение геодезических сетей на гидроузлах, изучение деформаций плотины (в частности, Цимлянской) и других сооружений. Нужно создать опорные и велирные сети и повторные триангуляции, изучать устойчивость геодезических знаков. В докладе была подчеркнута необходимость применять новые методы работ на гидроузлах.

Доклад В. А. Маницкого был посвящен роли геодезии и гравиметрии в изучении состояния вещества земной коры и подкорового слоя. Этот вопрос имеет космогоническое значение. Изучение его показало, что гравитационное поле Земли отражает процессы перемещения масс в теле Земли, происходившие в далеком прошлом. Сопоставление данных геологии и гравиметрии указывает на существование горизонтальных

перемещений масс на некоторой глубине, причиной которых, возможно, является изменение плотности подкорковых масс. Для изучения этих перемещений нужны повторные геодезические и гравиметрические измерения во многих районах.

М. И. Сиягина в своем докладе «Изучение современных вертикальных движений земной поверхности на западе Европейской части СССР по материалам повторных нивелировок» сообщила результаты повторных нивелирных работ, производившихся на протяжении в общей сложности 20 тыс. км. На обобщенной карте вертикальных движений земной поверхности мы видим, что в западной части Европейской территории СССР происходит опускание земной поверхности, а в восточной части — поднятие ее.

Все эти доклады вызвали оживленное обсуждение.

Утреннее заседание 28 января открылось докладом Л. М. Андеева «Измерение расстояний физическими методами и значение их в геодезии». Эти методы, основанные на принципах свето- и радиолокации, должны в ближайшее время найти широкое применение при угловых и особенно линейных измерениях.

В докладе С. И. Шурова были освещены вопросы состояния и развития мекомасштабной картографии в СССР.

В своем докладе проф. В. И. Сухов наметил основные задачи современной картографии: необходимость сочетать полноту содержания с наглядностью, совершенствовать содержание топографических карт, создавать новые типы карт (рельефных, растровых, люминесцентных и др.), изучать нормы и особенности генерализации карт, разрабатывать различные виды картографических проекций, совершенствовать технику составления и технологию издания карт и атласов.

М. Д. Кошкин в докладе «Современное состояние аэрофотосъемки в СССР и перспективы ее развития» обрисовал значение этого метода для создания топографических карт всех масштабов и для решения самых разнообразных задач народного хозяйства СССР. Затем докладчик остановился на фотограмметрическом процессе как определяющем в комплексе аэрофотосъемочных работ. Он рассказал о методах и приборах, применяемых при этих работах, и подчеркнул значение использования новых методов (например, радиолокации) при фиксировании элементов внешнего ориентирования в полете, а также совершенствования прежних методов и приборов.

Утреннее заседание 29 января началось с доклада члена-корр. АН СССР Н. Г. Келля «Применение аэросъемки для изучения природных ресурсов и инженерных изысканий». Под аэросъемкой вообще следует понимать совокупность аэровизуальных наблюдений, аэрофотосъемки и инструментальной авиаразведки. Эти методы, особенно второй, нашли широкое применение в геодезии, топографии, а также в сельском и лесном хозяйстве, но еще почти не используются гидрологами, почвоведцами, ботаниками, геологами и недостаточно внедряются в практику инженерных изысканий. Между тем использование аэрометодов, а особенно при колориметрической и цветной съемке, позволит проводить разнообразные исследования лесных массивов, элементов залегания горных пород, видов почв и т. д. Большое значение имеют вопросы методики обработки материалов и их долговременного хранения.

Доклад проф. П. С. Закатова был посвящен постановке геодезического образования в СССР. Докладчик отметил, что решения XIX съезда КПСС ставят перед геодезической службой страны задачи расширять подготовку специалистов по геодезии и картографии, развивать преподавание новых методов геодезических измерений, усовершенствовать методику обучения, создавать новые учебные полигоны, лаборатории и т. д.

Большое значение имеет улучшение научной работы и подготовки научных кадров в геодезических вузах, а также подготовки кадров для средних учебных заведений.

Последним был доклад Б. А. Ларина «Работы Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэрофотосъемки и картографии в области высокоточных линейных измерений», посвященный работам института по созданию усовершенствованных базисных приборов и подвесных мерных проволок из инвара и суперинвара. Уже налажен серийный выпуск этих приборов. Качество приборов и мерных проволок весьма высокое. Создан новый полевой интерференционный компаратор, в котором явление интерференции света используется для высокоточных линейных измерений.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

Утреннее заседание 26 января, проходившее совместно с массовой секцией, было посвящено главным образом вопросам преподавания астрономии в средней школе.

Проф. П. И. Попов в докладе «Общие вопросы преподавания астрономии в школе» отметил прежде всего, что решения XIX съезда КПСС о всеобщем обязательном 10-летнем обучении в городах и о политехнизации обучения предъявляют к преподаванию астрономии в школе еще большие требования. В соответствии с этим были пересмотрены программы, однако работа эта еще не может считаться завершенной. Астрономии должно быть обеспечено самостоятельное положение среди других предметов, ее значение должно быть подчеркнуто включением, например, вопросов по астрономии в экзаменационные билеты по физике. Необходимо снабдить школы наглядными пособиями и улучшить подготовку учителей.

Проф. Б. А. Воронцов-Вельяминов остановился в своем докладе на подготовке учителей астрономии.

Проф. М. Е. Набоков в докладе «Содержание и методы преподавания астрономии в связи с политехническим обучением в школе» внес ряд методических предложений по изложению некоторых разделов курса астрономии. Астрономические понятия следует давать не отвлекаясь, а в связи с их практическим значением, давать понятие о методах астрономических исследований, о связи астрономии как науки с практикой.

Доклад В. И. Прянишникова «Состояние и формы массовой работы по пропаганде астрономических знаний» подводил итоги богатой и разнообразной массово-популярной работы, проводящейся Ленинградским отделением ВАГО и, в частности, самим докладчиком. Докладчик продемонстрировал различные виды наглядных пособий, изготовленных в школьных и других астрономических кружках под его руководством. Он особо отметил такие формы массовой работы, как вечера занимательной астрономии, вечера вопросов и ответов, цикловые лекции, тематические консультации, кинобеседы, конкурсы и викторины. Необходимо обобщать и систематизировать опыт работы отделений ВАГО, улучшать тематику и качество лекций, бесед и популярных изданий. Особое внимание нужно уделить научно-атеистической пропаганде.

Вопросы, затронутые во всех докладах, подверглись обсуждению, в ходе которого было высказано немало ценных предложений.

Второе заседание секции (также совместно с массовой секцией) состоялось утром 28 января и было посвящено проблеме наглядных пособий и астрономических инструментов для учебной и массовой работы.

В докладе «Менисковые телескопы для школ и любителей астрономии» член-корр. АН СССР Д. Д. Макутов сообщил о положении дела с

выпуском небольших телескопов. Намечены к выпуску три типа инструментов: небольшой (1,5—2 дюйма) рефрактор, трехдюймовый менниковый телескоп на азимутальной установке для школы и четырехдюймовый менниковый телескоп на экваториальной установке для педагогических вузов. В ходе обсуждения, в котором приняли участие представители Главмехпрома и завода, на котором намечено организовать производство этих телескопов, был сделан ряд критических замечаний и предложений, в частности было предложено выпускать отдельные части оптики телескопа.

Затем был заслушан доклад проф. М. Е. Набокова «О наглядных пособиях по астрономии», в котором докладчик внес предложение по централизованному изготовлению наглядных пособий и, кроме того, указал на желательность самостоятельного изготовления их учащимися.

Состояние и перспективы работы Московского планетария и других планетариев в СССР были освещены в докладе директора Московского планетария В. В. Базыкина. Доклад сопровождался демонстрацией диапозитивов, отражающих различные формы работы планетария. Докладчик отметил, что необходимо передавать богатый опыт Московского планетария другим планетариям Советского Союза. Следует официально возложить эту обязанность на Московский планетарий, передав его в ведение Министерства культуры СССР.

В докладах К. Н. Шнистовского «О состоянии производства научно-популярных кинофильмов по астрономии и геодезии» и проф. Б. А. Воронцова-Вельяминова «Об учебном кино» были затронуты вопросы использования для пропаганды астрономических знаний и для астрономического обучения такого наглядного средства, как кино. К сожалению, положение с выпуском учебных и научно-популярных кинофильмов по астрономии (несмотря на выпуск нескольких удачных фильмов) остается неудовлетворительным, а по геодезии — их нет совсем.

Было проведено обсуждение всех докладов.

29 января секционные заседания, происходившие в помещении Ленинградского дома ученых, закончились. В том же помещении была развернута выставка, отражающая работу различных отделений ВАГО (главным образом научную). На выставке были представлены фотографии солнечной короны, полученные 30 июня 1954 г. экспедициями ВАГО и его отделений, снимки метеоров, серебристых облаков, Солнца, Луны и лунных затмений, зарисовки планет, снимки, изображающие рабочие моменты наблюдений и их обработки, а также другие материалы.

Утром 30 января делегаты съезда посетили и осмотрели Пулковскую обсерваторию. Группе делегатов была продемонстрирована опытная модель советского оптического планетария, сконструированного К. Н. Шнистовским.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПЛЕНАРНЫЕ ЗАСЕДАНИЯ

Вечернее пленарное заседание 30 января и утреннее пленарное заседание 31 января были посвящены организационным вопросам. Был обсужден и принят проект нового устава ВАГО. Второй съезд ВАГО после тщательного обсуждения принял резолюции по научным и организационным вопросам, затрагивающим не только деятельность ВАГО, но и ряд важных проблем, стоящих перед советской астрономией и геодезией. Резолюции 2-го съезда ВАГО опубликованы отдельной брошюрой¹.

Затем съезд тайным голосованием избрал Центральный совет ВАГО в следующем составе: Н. М. Авдеев, А. И. Агроскин, В. А. Амбарцумян,

¹ Резолюции второго съезда Всесоюзного астрономо-геодезического общества. М., Изд. ВАГО, 1955

В. В. Базыкин, Н. П. Барабашев, К. Г. Бантанин, Е. И. Бугославская, А. А. Велигурский, В. А. Воронцов-Вельяминов, С. К. Всехсвятский, П. М. Горшков, Н. И. Гришин, М. М. Дагаев, А. И. Дурнев, Г. А. Желнин, И. Д. Жонголович, М. С. Зверев, И. Т. Зоткин, А. А. Изотов, Р. В. Куницкий, Д. И. Мартынов, И. В. Матвеев, А. А. Михайлов, К. Ф. Огородников, П. П. Паренаго, П. И. Попов, М. И. Спнягина, М. Д. Соловьев, С. Г. Судаков, В. В. Федьинский, С. И. Юров.

Центральная ревизионная комиссия ВАГО была избрана в следующем составе: И. И. Бугославская, А. А. Игнатов, Д. В. Пяковский, В. В. Радзиевский, И. Ф. Шевляков, К. Н. Шистовский, А. С. Шляпин.

На состоявшемся после съезда пленуме Центрального совета ВАГО был избран президиум Центрального совета, в котором обязанности были распределены следующим образом: А. А. Михайлов (председатель), Д. И. Мартынов (первый заместитель председателя), Е. И. Бугославская, А. И. Дурнев, С. Г. Судаков (заместители председателя), А. А. Изотов (ученый секретарь), И. И. Гришин (заместитель ученого секретаря), И. Т. Зоткин (казначей), В. В. Базыкин, К. Ф. Огородников, П. И. Попов (члены президиума). Центральная ревизионная комиссия избрала своим председателем А. А. Игнатова и секретарем В. В. Радзиевского.

Закрывая съезд, А. А. Михайлов отметил в заключительной речи плодотворную работу съезда и его значение для дальнейшего развития астрономии и геодезии. Особенно велико значение съезда для развития и укрепления работы ВАГО, основная задача которого — превратиться в массовое общество путем расширения сети отделений и числа членов, приблизить формы и методы своей работы к задачам и потребностям народного хозяйства, шире распространять научные знания среди населения, вовлекая все большее число любителей астрономии в научную работу. В выполнении этих задач общество должно постоянно руководствоваться указаниями партии и правительства, направленными на развитие передовой советской науки.

О НЕКОТОРЫХ ОШИБКАХ, СВЯЗАННЫХ С ОБЪЯСНЕНИЕМ АБЕРРАЦИИ ЗВЕЗД В ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Б. Н. Гиммельфарб

Автор рассматривает явление абберрации света с точки зрения специальной теории относительности и указывает на ряд ошибок в истолковании этого явления, в частности на неправильное понимание скорости v в формуле абберрации как скорости Земли по отношению к источнику света и на ошибочность предположения о зависимости абберрационной постоянной от показателя преломления среды.

Абберрация звезд — одно из наиболее элементарных явлений в области оптики движущихся тел. Это было по существу первое явление такого рода, с которым встретилась наука и которое, как указывал в своих лекциях академик Л. И. Мандельштам [1], нашло свое разрешение в теории относительности, положив начало разрешению всех последующих трудностей.

В настоящее время объяснение абберрации звезд не представляет принципиальной физической проблемы. Однако вновь и вновь повторяющиеся в литературе ошибки, связанные с объяснением абберрации звезд в теории относительности и до сих пор служащие поводом для бесплодных попыток опровержения этой теории (см., например, статью С. Б. Лукьянова [2]), свидетельствуют о том, что новое разъяснение этого вопроса было бы целесообразным, по крайней мере с методической точки зрения. Упомянутые ошибки связаны главным образом с вопросами зависимости звездной абберрации от движения источника света и влияния преломляющих свойств промежуточной среды на величину абберрационного смещения. Эти два вопроса мы вкратце и рассмотрим.

ЗВЕЗДНАЯ АБЕРРАЦИЯ И ДВИЖЕНИЕ ИСТОЧНИКА СВЕТА

В нашей заметке «Абберрация звезд и теория относительности» [3] было сказано следующее:

1) обычно приводимое в учебниках объяснение абберрации звезд противоречит специальной теории относительности, так как приводит к нарушению принципа постоянства скорости света;

2) указанное противоречие легко устранить, слегка видоизменив рассуждения, посредством которых выводится выражение абберрационной постоянной, а именно учесть различие масштаба времени в двух рассматриваемых системах отсчета, движущихся друг относительно друга;

3) такое видоизменение рассуждений позволяет легко вывести выражение абберрационной постоянной с релятивистской поправкой, причем не требуется ссылок на какие-либо формулы теории относительности, а необходимое преобразование промежутка времени получается попутно из рассмотрения самого явления абберрации;

4) на примере объяснения aberrации звезд можно чрезвычайно наглядно иллюстрировать одно из основных следствий теории относительности, а именно лоренцово замедление времени в относительно движущихся системах отсчета.

Нужно, однако, заметить, что приведенный в [3] элементарный вывод формул содержит неявно предположение, что масштабы длины не испытывают лоренцова сокращения в направлении, перпендикулярном к направлению движения системы отсчета. Для полной строгости следует на это предположение указать, причем такое указание не означает непременно ссылки на формулы теории относительности, потому что в начальном преподавании (для которого упомянутый элементарный вывод единственно и представляет интерес) его можно привести в качестве экспериментального факта¹.

Более серьезная другая неточность, допущенная в цитированной заметке [3] и, как выяснилось, нередко повторяющаяся в литературе. А именно, в приведенных рассуждениях рассматриваются две системы отсчета, движущиеся одна относительно другой со скоростью v : система, связанная с наблюдателем (с Землей), и система, связанная с источником света (со звездой). В результате выводится выражение aberrационной постоянной:

$$k = \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad (1)$$

где $\beta = \frac{v}{c}$, причем c — скорость света, одинаковая в обеих рассматриваемых системах отсчета. В то же время v — скорость орбитального движения Земли, т. е. скорость Земли по отношению к системе отсчета, связанной с Солнцем (или с солнечной системой в целом).

Если речь идет о звезде в буквальном смысле «неподвижной», т. е. не имеющей собственного движения относительно Солнца, то все упомянутые рассуждения остаются в силе и не приводят к противоречиям. Если же звезда имеет собственное движение по отношению к Солнцу, а v есть попрежнему скорость звезды по отношению к Земле, то на основании этих рассуждений вообще не имеет смысла говорить об aberrационной постоянной, так как величина k не будет одинаковой для всех звезд. Действительно, в этом случае каждой звезде будет соответствовать своя «постоянная aberrация», зависящая от собственного движения данной звезды.

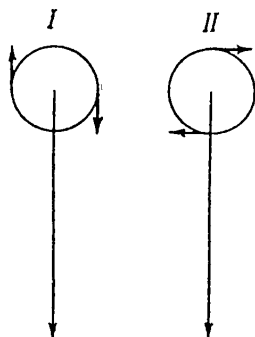
Подобная же непоследовательность имеется и в «Курсе общей физики» С. Э. Фриша и А. В. Тиморева [4], где при рассмотрении объяснения звездной aberrации одна система отсчета связывается с наблюдаемой звездой, а другая — с Землей, и вслед за тем v приписывается значению скорости Земли на ее орбите, хотя очевидно, что орбитальная скорость Земли есть скорость ее движения в системе отсчета, связанной не с наблюдаемой звездой, а с Солнцем, и что в этой системе отсчета, как правило, звезды не покоятся.

В новом (втором) издании Большой советской энциклопедии в статье «Аберрация света» объяснение звездной aberrации прямо связывается с движением источника света по отношению к его приемнику: «Согласно теории относительности, формула aberrации получается как естественное следствие лоренцовых преобразований, примененных к слу-

¹ Уместно напомнить, что в литературе описан опыт систематического изложения специальной теории относительности, в котором основные формулы преобразования Лоренца выводятся из сокращения масштаба длины в направлении движения как из экспериментального факта, принимаемого за исходный пункт в рассуждениях наряду с принципом постоянства скорости света (обычно, наоборот, сокращение масштаба длины приводится как следствие преобразований Лоренца). См. H. Dingle. The Special Theory of Relativity. 3-d ed., London, 1952.

чаю перемещения источника света (звезды) относительно его приемника (трубы)» [5]. Ошибочность этого утверждения прямо бросается в глаза, потому что, если бы оно было верно, т. е. если бы абберация определялась скоростью источника света относительно его приемника, то, во-первых, не существовало бы абберационной постоянной как величины, общей для всех звезд, и, во-вторых, было бы бессмысленно говорить о разных видах абберации (суточной, годичной, вековой) применительно к одной и той же звезде, так как абберация была бы величиной, определенной для каждой данной звезды однозначно.

На самом деле звездная абберация не зависит от движения источника света. Наиболее наглядно в этом убеждает пример, который приводился в 20-х годах, когда объяснение абберации звезд с



Фиг. 1. Движение составляющих двойной звезды в системе отсчета наблюдателя

точки зрения теории относительности обстоятельно обсуждалось в литературе (см., например, [6]). Пример этот касается явлений, наблюдаемых в спектрально-двойных звездах, и основан на том, что абберационное смещение видимого положения звезды зависит от слагающей скорости, перпендикулярной к лучу зрения, а доплеровское смещение линий в спектре звезды зависит от лучевой слагающей ее скорости. Если бы абберационное смещение видимого положения составляющих двойной звезды зависело от их скоростей относительно системы отсчета наблюдателя, то в спектрально-двойных звездах попеременно должно было бы наблюдаться то раздвоение спектральных линий (положение I на фиг. 1), то визуальное разделение составляющих двойной звезды (положение II на фиг. 1). Ожидаемое при этом кажущееся абберационное разделение составляющих двойной звезды должно было бы зависеть только от их взаимных скоростей, но не от расстояния до звезды, и происходить как раз тогда, когда спектроскопические данные указывают на то, что угловое расстояние между ними имеет наименьшую величину. По своей величине эффект этот должен быть достаточно велик и не мог бы ускользнуть от наблюдения; а так как в действительности он не наблюдается, то отсюда следует, что абберация не зависит от скорости звезды по отношению к системе отсчета, связанной с телескопом.

В классической теории (теории эфира) абберация звезд представляет отклонение светового луча, вызываемое отставанием световых волн при движении телескопа по отношению к гипотетической светонесущей среде («эфирным ветром»). При этом световой луч, отклоненный вследствие абберации, должен быть физически отличным от неотклоненного луча, так как в последнем волновые нормали совпадают с направлением луча, а в луче, отклоненном вследствие абберации, создается наклон волновой нормали к направлению луча γ , равный абберационному повороту луча α (фиг. 2). Подобный наклон волновой нормали к направлению луча — естественное следствие того, что волновые поверхности во всех системах отсчета имеют одинаковое положение, тогда как регистрируемое направление луча света зависит от скорости движения воспринимающего его телескопа. Как показано нами в другой статье [7], этот наклон мог бы быть (с точки зрения классической теории) обнаружен экспериментально в членах второго порядка порядка относительно v/c посредством интерференционного опыта, в известной степени аналогичного опыту Майкельсона, и таким образом служить для установления «абсолютного» движения системы отсчета, в которой проводятся наблюдения.

С точки зрения специальной теории относительности все инерциальные системы отсчета физически равноправны, и никакого абберационного наклона волновой нормали к лучу во всех таких системах наблюдать не может. Иными словами, в инерциальных системах не существует физического различия между отклоненным вследствие абберации и неотклоненным лучами света. Объясняется этот вывод тем, что волновая поверхность есть поверхность одновременно равных фаз, а одновременность относительна. Поэтому в разных системах отсчета, движущихся относительно друг друга, равные фазы наступают одновременно не в одних и тех же точках пространства. Следовательно, волновые поверхности имеют неодинаковое положение в разных относительно движущихся системах отсчета, так же как различно в этих системах и направление светового луча.

В теории относительности абберация звезд определяется как изменение направления светового луча при переходе от одной системы отсчета к другой, движущейся относительно первой [8]. Взаимное движение каких именно систем отсчета проявляется в том или ином случае, зависит от конкретных условий эксперимента (наблюдений). При этом во всех случаях, когда реально наблюдается абберация звезд, она проявляется в изменении со временем направления светового луча и соответственно в изменении видимого места светила, что в свою очередь вызывается изменением по величине и направлению скорости движения системы отсчета, связанной с телескопом.

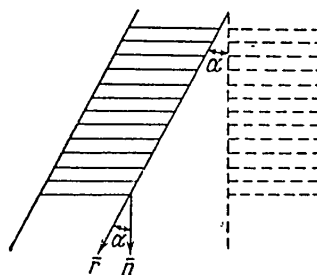
Изменение скорости движения телескопа равносильно переходу его из одной мгновенной инерциальной системы в другую. Так, движение Земли вокруг Солнца соответствует непрерывному переходу ее из одной мгновенной инерциальной системы в другую, причем крайние значения скорости этих систем отсчета отличаются на $2v$, где v — средняя скорость орбитального движения Земли.

Эта величина средней орбитальной скорости Земли, т. е. скорости Земли относительно Солнца, и входит в приведенную выше формулу абберационной постоянной (1). Так как эта величина входит в формулы абберации для всех звезд, а собственные движения звезд, как было выяснено выше, не влияют на величину их абберационного смещения, то абберационная постоянная есть величина общая для всех звезд.

В тех же случаях, когда скорость системы отсчета в течение очень долгого времени остается неизменной по величине и направлению, т. е. если система отсчета инерциальная, то абберация звезд в ней не наблюдается, потому что направление светового луча не изменяется со временем. Поэтому, например, может быть только вычислена, но не может быть непосредственно измерена «вековая» абберация, вызываемая движением Земли вместе со всей солнечной системой по отношению к системе «неподвижных звезд», так как при этом движении телескоп покоится в инерциальной системе отсчета и переход от одной инерциальной системы отсчета к другой не осуществляется.

ЗВЕЗДНАЯ АБЕРРАЦИЯ И ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СРЕДЫ

В статье Н. Б. Диварп «К вопросу о зависимости абберационной постоянной от спектрального класса звезды» [9] автор, рассматривая возможные причины обнаруженного эффекта, с самого начала правильно отвергает влияние различия скорости Земли по отношению к звездам



Фиг. 2. Наклон волновой нормали

разных спектральных классов, так как звездная абберация не зависит от скорости источника света относительно системы отсчета наблюдателя. Далее он рассуждает следующим образом. Каждому спектральному классу соответствует определенная эффективная длина волны, а скорость света c в преломляющей среде зависит от показателя преломления n этой среды, причем n различен для света с разными длинами волн. Поэтому, подставляя выражение

$$c = \frac{c_0}{n}, \quad (2)$$

где c_0 — скорость света в пустоте, в формулу абберационной постоянной

$$k = \frac{v}{c}, \quad (3)$$

где v — орбитальная скорость Земли, c — скорость света, получаем:

$$k = \frac{vn}{c_0}. \quad (4)$$

Рассматривая выражение (4) как функцию длины волны, считаем:

$$\frac{v}{c_0} = \text{const.}$$

Тогда, по мнению автора, найденная зависимость абберационной постоянной от спектрального класса звезды даст «зависимость от длины волны показателя преломления среды, через которую проходит свет, т. е. земной атмосферы».

Как указано в нашем письме в редакцию «Астрономического журнала» [10], приведенные рассуждения Н. Б. Дивари противоречат экспериментальным фактам. А именно, опытами Эри, который проводил наблюдения при помощи телескопа, заполненного водой (1871—1872 гг.), было установлено, что абберационное смещение не зависит от показателя преломления промежуточной среды. Ошибка в приведенных рассуждениях заключается в том, что в выражении абберационной постоянной (3) принимается, что v есть орбитальная скорость Земли, тогда как в действительности, по смыслу вывода формулы (3), это скорость отставания световых волн, которая равна скорости движения Земли лишь в отсутствие преломляющей среды. Наличие преломляющей среды влияет не только на скорость распространения света соответственно соотношению (2), но и на скорость отставания световых волн, которая в этом случае оказывается равной не орбитальной скорости Земли v_0 , а

$$v = v_0(1 - \kappa), \quad (5)$$

где κ — так называемый «коэффициент увлечения».

Смысл коэффициента увлечения заключается в том, что движущаяся среда увлекает в направлении своего движения распространяющиеся в ней световые волны со скоростью $v' = \kappa v_0$, где v_0 — скорость движения среды. Существование коэффициента увлечения есть факт экспериментальный, установленный Физо посредством измерения скорости света в движущейся преломляющей среде (1851 г.), неоднократно подтвержденный последующими опытами и не зависящий от какой бы то ни было гипотезы о свойствах светонесущей среды (см., например, [11]). Величина его может быть выведена очень просто из отрицательного результата опыта Эри, т. е. из того факта, что абберационное смещение не изменяется при наполнении телескопа светопреломляющей средой.

Пусть телескоп направлен на видимое положение звезды S так, что оптическая ось его направлена по AE (фиг. 3). Луч света, идущий от истинного положения звезды S_0 , падая на центр объектива OO' под углом α , преломляется и идет внутри среды с показателем преломления n , заполняющей трубу телескопа, по направлению AC . Очевидно

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n. \quad (6)$$

За промежуток времени τ , в течение которого свет, двигаясь со скоростью $c = \frac{c_0}{n}$, проходит отрезок AC , световые волны отстают на отрезок BC , в результате чего изображение звезды получается в точке B на оптической оси телескопа. Из треугольника ABC имеем:

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \psi} = \frac{BC}{AC}.$$

Подставляя значения BC и AC ,

$$BC = v_0(1 - \kappa)\tau \text{ и } AC = \frac{c_0}{n}\tau,$$

получаем:

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \psi} = \frac{v_0(1 - \kappa)n}{c_0}. \quad (7)$$

Но из результата опыта Эри следует, что абберационный угол α при заполнении трубы телескопа преломляющей средой остается таким же, как и при пустой трубе, т. е. когда свет за промежуток времени τ проходил отрезок $AD = c_0\tau$, а волны за тот же промежуток времени отставали на отрезок $BD = v_0\tau$. Из треугольника ABD имеем:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \psi} = \frac{BD}{AD},$$

или

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \psi} = \frac{v_0}{c_0}. \quad (8)$$

Перемножив равенства (6) и (7), получим:

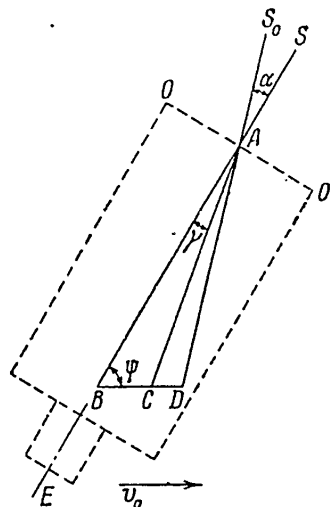
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \psi} = n^2(1 - \kappa)\frac{v_0}{c_0},$$

откуда, принимая во внимание (8), найдем:

$$\kappa = 1 - \frac{1}{n^2}. \quad (9)$$

Коэффициент увлечения κ обращается в нуль только при $n = 1$, т. е. лишь в отсутствие преломляющей среды.

Из теории относительности ошибочность предположения о том, что абберация звезд зависит от показателя преломления среды, совершенно очевидна. Действительно, если бы такая зависимость существовала, то было бы возможно обнаружить «абсолютное» движение Земли посредством измерения абберации в средах с разными показателями преломления. Так, рассуждая в духе приведенных выше соображений Н. Б. Дивари,



Фиг. 3. Схема опыта Эри

можно было бы получить разность абберационных смещений при заполнении телескопа средами с показателями преломления n_1 и n_2

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \frac{v_0}{c_0} (n_1 - n_2), \quad (10)$$

где все величины известны, кроме скорости v_0 , а следовательно, эта «абсолютная» скорость движения Земли и может быть найдена из (10)¹.

Разность $(\alpha_1 - \alpha_2)$, представляющая гипотетическое изменение направления луча света при переходе из среды с показателем преломления n_1 в среду с показателем преломления n_2 , обращается в нуль только при условии $v_0 = 0$. Иными словами, такое гипотетическое абберационное преломление света должно было бы отсутствовать лишь в «абсолютно неподвижной» системе отсчета. При этом нужно иметь в виду, что абберационное смещение видимого места звезды по отношению к ее истинному месту происходит всегда по направлению к апексу наблюдателя, и, следовательно, абберационное изменение направления светового луча при вступлении его в преломляющую среду должно быть безразлично к тому, как расположена граничная поверхность этой среды. Значит, «абберационное преломление» света должно было бы наблюдаться и при нормальном падении, т. е. и в том случае, когда угол падения равен нулю (если только направление луча света не совпадает с направлением «абсолютного» движения преломляющей среды).

Итак, направление луча света при переходе из одной среды в другую может изменяться вследствие рефракции, но не вследствие абберации, иначе можно было бы среди всех возможных инерциальных систем выделить такую, в которой подобного абберационного преломления света не происходит, — это и была бы привилегированная, «абсолютно неподвижная» система отсчета. Отсюда следует, что предположение о зависимости абберационной поправки от показателя преломления среды противоречит принципу равноправности всех инерциальных систем, лежащему в основе теории относительности.

Коэффициент увлечения, как известно, в теории относительности выводится очень просто как следствие теоремы сложения скоростей Эйнштейна. Если свет распространяется со скоростью $c = \frac{c_0}{n}$ по отношению к среде с показателем преломления n , которая движется в том же направлении со скоростью v_0 относительно некоторой системы отсчета, то скорость света u относительно этой системы отсчета вычисляется по формуле:

$$u = \frac{c + v_0}{1 + \frac{cv_0}{c_0^2}}. \quad (11)$$

Ведя вычисления в классическом приближении, т. е. опуская члены, содержащие $\frac{v_0^2}{c_0^2}$, получаем:

$$u = (c + v_0) \left(1 - \frac{cv_0}{c_0^2}\right) = c + v_0 \left(1 - \frac{c^2}{c_0^2}\right) = c + v_0 \left(1 - \frac{1}{n^2}\right),$$

или:

$$u = c + \kappa v_0, \quad (12)$$

где, в соответствии с (9),

$$\kappa = 1 - \frac{1}{n^2}.$$

¹ Более строгие рассуждения (см. [11]) приводят к разности квадратов показателей преломления в правой части равенства (10), но это обстоятельство не меняет сути дела.

Итак, объяснение Н. Б. Дивари найденной им зависимости абберационной постоянной от спектрального класса звезды ошибочно, так как оно исходит из противоречащего всем экспериментальным и теоретическим данным предположения о зависимости абберационного смещения от показателя преломления промежуточной среды. При обсуждении результатов его работы [9] по докладу автора настоящей статьи в марте 1953 г. на семинаре кафедры звездной астрономии и астрометрии Ленинградского университета (руководитель проф. К. Ф. Огородников) возникло более правдоподобное предположение о причинах эффекта, обнаруженного Н. Б. Дивари. Именно, если этот эффект вообще реален, то объяснение его следует искать не в несуществующей зависимости абберации от показателя преломления земной атмосферы при условии неизменности этого показателя преломления в течение года (так как определение абберационной постоянной охватывает годичный цикл наблюдений), а наоборот, в изменчивости показателя преломления земной атмосферы. Изменения показателя преломления атмосферы, имеющие годичный период и различную амплитуду для лучей с разной длиной волны, могут служить источником систематических ошибок при определении абберационной постоянной, которая будет получаться в таком случае различной для звезд разных спектральных классов.

Следовательно, обсуждаемый эффект, повидимому, указывает на существование таких изменений атмосферной рефракции, имеющих годичный период. Сделанный же Н. Б. Дивари вывод о наличии аномальной дисперсии в земной атмосфере, хотя быть может и соответствует действительности, не вытекает из материала его статьи.

Ленинград, апрель 1953 г.

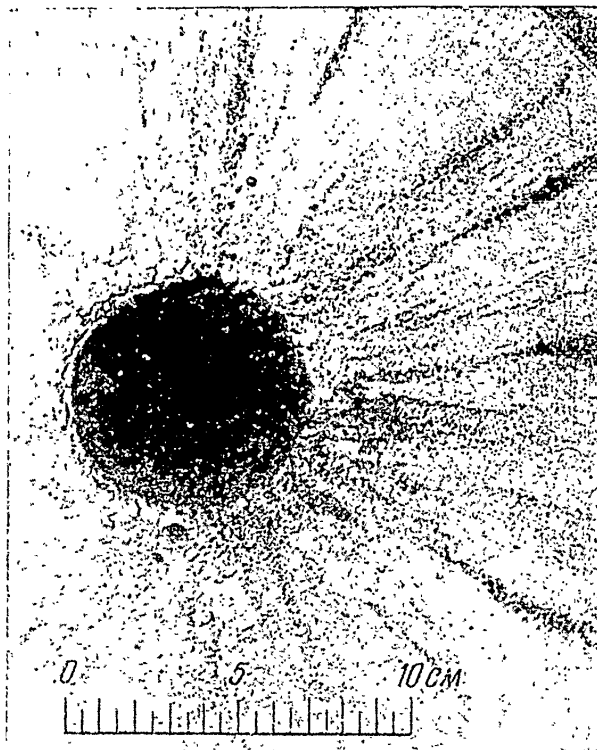
Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Л. И. М а н д е л ь ш т а м. Полное собрание трудов, т. 5, Изд. АН СССР, 1950, стр. 95.
2. С. Б. Л у к ь я н о в. Астр. журн., 1953, 30, вып. 3.
3. Б. Н. Г и м м е л ь ф а р б. Природа, 1954, № 8.
4. С. Э. Ф р и ш и А. В. Т и м о р е в а. Курс общей физики, т. 3. Гостехиздат, 1952, § 280.
5. ВСЭ, изд. 2-е, т. 1, стр. 18.
6. Г. И о о с. Усп. физич. наук, 1926, 6, вып. 1.
7. Б. Н. Г и м м е л ь ф а р б. Усп. физич. наук, 1953, 51, вып. 1.
8. Л. Л а н д а у и Е. Л и ф ш и ц. Теория поля, изд. 2-е. Гостехиздат, 1948, § 5.
9. Н. Б. Д и в а р и. Астр. журн., 1951, 28, вып. 6.
10. Б. Н. Г и м м е л ь ф а р б. Астр. журн., 1953, 30, вып. 2.
11. Г. С. Л а н д с б е р г. Оптика, изд. 3-е. Гостехиздат, 1952, § 121.

ПРИЧИНЫ РАЗЛИЧИЙ В СТРОЕНИИ СВЕТЫХ ЛУЧЕВЫХ ОРЕОЛОВ ЛУННЫХ ЦИРКОВ

П. Ф. Сабанесв

Общим для светлых ореолов лунных цирков является то, что они состоят из узких полос-лучей. Светлая окраска лучей и внутренней области цирка часто отличаются друг от друга только яркостью. В строении же лучистых ореолов наблюдаются особенности, придающие каждому из них свои индивидуальные черты.



Фиг. 1. Снимок модели цирка при пониженной текучести грунта

Густота расположения лучей обычно неодинакова по всем направлениям, в некоторых случаях (Прокл) они сгруппированы в отдельные пучки и развиты односторонне. Примером ярко выраженной односторонности направления лучей является «кометный хвост» Мессье. Светлые лучи часто начинаются на самом гребне кольцевого вала (Кеплер), но бывает, что начало лучей находится на значительном расстоянии от кольцевого вала (Тихо, Коперник). Светлые лучи всегда исходят из внутренних областей цирка, но не всегда они строго радиальны по отношению к его центру (Коперник).

Такие же особенности в строении лучистых ореолов обнаруживаются и при моделировании лунных цирков посредством сбрасывания плотных комков сыпучего вещества в лежащий на твердом основании слой грунта пониженной прочности. Выяснено [1], что лучистые ореолы могут образовываться и как выбросы грунта и как выбросы падающего веще-

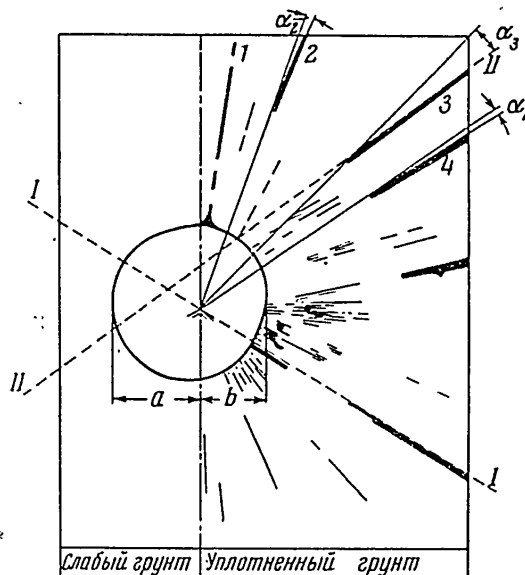
22

ства. Выбросы падающего вещества [и] дают лучистые ореолы моделей, морфологически сопоставимые с объектами на Луне. Установлено также, что наклонное падение вызывает одностороннее расположение лучей.

Опыт показывает, что лучи ореолов сбрасываемого вещества строго радиальны и распределены относительно равномерно по всем направлениям только при условии совершенной однородности механической прочности грунта и полной отвесности падения.

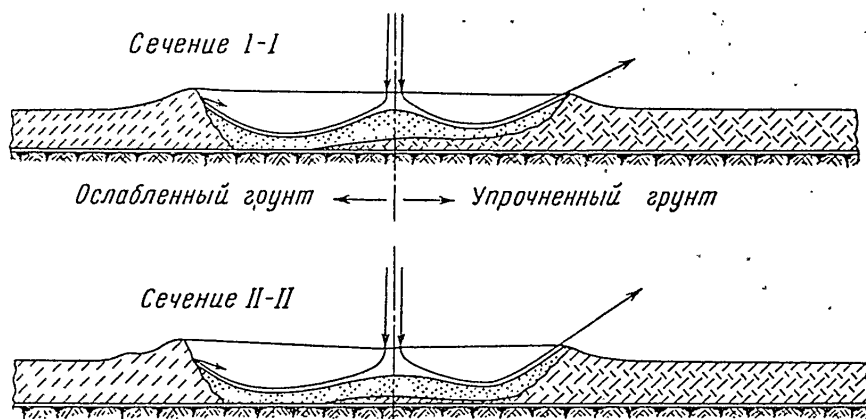
На фиг. 1 показан снимок, а на фиг. 2 — упрощенная схема модели цирка из материала, имеющего пониженную текучесть при уплотнении давлением. Это позволяет изготавливать из него грунт неоднородной прочности.

В равномерно выраженном и слегка уплотненном слое грунта из муки участок, равный приблизительно его половине, был подвергнут дополнительному уплотнению давлением. Цемент сбрасывали так, чтобы центр падения совпал с границей, разделяющей грунт по прочности. Это определило характер строения ореола цирка. Выбросы грунта окружили



Фиг. 2. Упрощенная схема модели, изображенной на фиг. 1

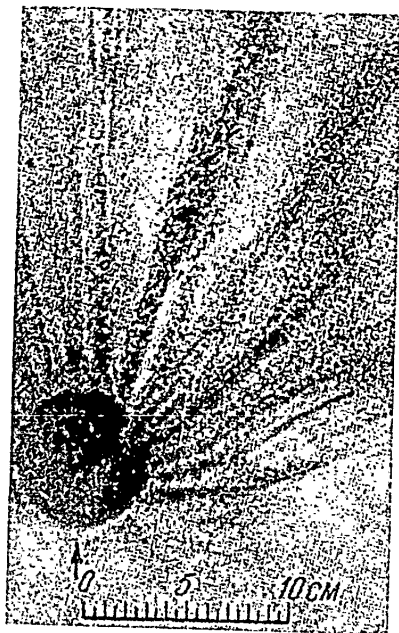
$a = 40$ см, $b = 32$ см



Фиг. 3. Профили разрезов цирка, изображенного на фиг. 2

цирк сплошным венцом, преимущественно развитым в сторону ослабленного грунта (левая сторона снимка фиг. 1). Лучи из материала грунта, как обычно, расположились строго радиально. Полосы этих лучей, образованные тонкодисперсным материалом, при освещении сверху слились с фоном грунта и этим контрастно обнаружили лучи из цемента. Цементные лучи оказались только в области дополнительного уплотнения.

ного грунта (правая часть снимка на фиг. 1). Некоторые из них (2, 3 и 4 на фиг. 2) начинались на значительном расстоянии от кольцевого вала и, кроме того, они оказались отклоненными от радиального направления.



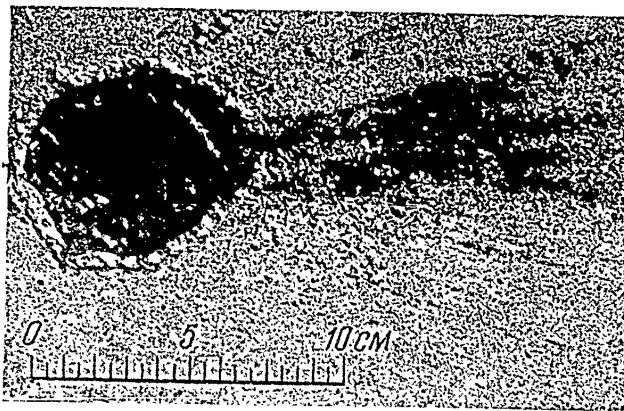
Фиг. 4. Снимок модели цирка, полученной при равномерном грунте. Направление сбрасывания показано стрелкой

направлении $\alpha = 40$ мм (фиг. 2). В связи с этим вблизи вертикальной оси правильность поверхности конуса внутреннего склона вала была уже нарушена переменностью угла его крутизны, появилось дополнительное искривление, что вызвало отклонение лучей от радиального направления.

На фиг. 4 показан снимок цирка, образованного теми же материалами, но при равномерно уплотненном давлении грунте и при сбрасывании под углом 65° к его поверхности (направление сбрасывания указано стрелкой). Отличительная особенность ореола выбросов в этом случае — большое количество лучей, резко отклоняющихся от радиального направления. Здесь сказывается искривление внутреннего склона вала, свойственное циркам, полученным при наклонном падении. Обнаруживается также

Угол отклонения для каждого из них составил соответственно: $\alpha_2 = 4^\circ 30'$, $\alpha_3 = 8^\circ 45'$, $\alpha_4 = 3^\circ 00'$. Остальная часть лучей начиналась на гребне кольцевого вала; эти лучи частично смешались с выбросами грунта.

На фиг. 3 показаны профили разрезов цирка по сечениям, обозначенным на фиг. 2. Видно, что самые пологие внутренние склоны кольцевого вала обусловили образование цементных лучей, начинающихся на его гребне. Исключением является луч 1 (фиг. 2), возникновение которого вызвано видимым на снимке случайным разрывом верхней кромки кольцевого вала. Возрастание крутизны подъема внутреннего склона вала дало повышение угла подъема траекторий выбросов цемента, следствием чего явилось удаление начала лучей от цирка. Кольцевой вал в секторе удаленных лучей оказался совершенно ровным, без дробящих и тормозящих потоков выбросов, выступов и выемок. Дальнейшее увеличение крутизны вала в области ослабленного грунта полностью приостановило выбросы цемента за пределы цирка. Радиус модели цирка в сторону упроченного грунта составил $b = 32$ мм, а радиус в противоположном



Фиг. 5. Снимок модели цирка при сбрасывании цемента на слой зубного порошка. Направление сбрасывания—слева направо

типичная особенность всех ореолов сбрасываемого вещества при значительном наклоне его падения: некоторые лучи получились искривленными. Это свидетельствует о переменности направления одного и того же потока выбросов при образовании цирка.

На фиг. 5 показан снимок цирка, полученного сбрасыванием цемента под углом 65° в слабо уплотненный слой зубного порошка, не дающего в условиях опыта мелких осколков (направление сбрасывания — слева направо). В этом случае крутой вал, образовавшийся под действием горизонтального, радиально расходящегося потока цемента, частично обрушился обратно внутрь цирка. Поток цемента устремился в прорыв кольцевого вала и дал мощный шлейф выбросов, ориентированный преимущественно в одном направлении (в сторону наклона падения).

ВЫВОДЫ

Если предположить, что светлые лучи состоят из материала, падение которого вызвало образование лунных цирков¹, то представляется возможным допустить следующие выводы.

1. Неравномерное, одностороннее стрессирование светлых лучевых ореолов могло быть вызвано, помимо наклонного падения, различием в прочности горных пород, в которых образовался цирк.

2. Светлые лучи, начинающиеся на значительном расстоянии от кольцевого вала, свидетельствуют о том, что в районе образования цирка находятся породы относительно повышенной, но не очень высокой прочности. При этом условии возможны ореолы из лучей обоих видов генераций, что подтверждается как данными моделирования, так и примерами лунных цирков Тихо и Коперника.

3. Отклонения светлых лучей от радиального направления объясняются нарушениями правильности конуса внутренних склонов кольцевых валов.

4. Резкое развитие некоторых светлых лучей, распространение их в одном узком секторе объясняются разрывом кольцевых валов.

Ростов-на-Дону, февраль 1954 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. Ф. Сабанеев. О происхождении лунных цирков. Бюлл. ВАГО, № 13(20), 1952.

¹ Примечание редакции. Допуская гипотезу взрывного образования систем светлых лучей на Луне (от падения метеоритов), мы отмечаем, что выброшенная масса в основном будет состоять из материала самой Луны, а не упавшего метеорита. Часть этой лунной массы и пойдет на образование лучей.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛУННЫХ ЦИРКОВ В УСЛОВИЯХ ВАКУУМА

П. Ф. Сабансеев

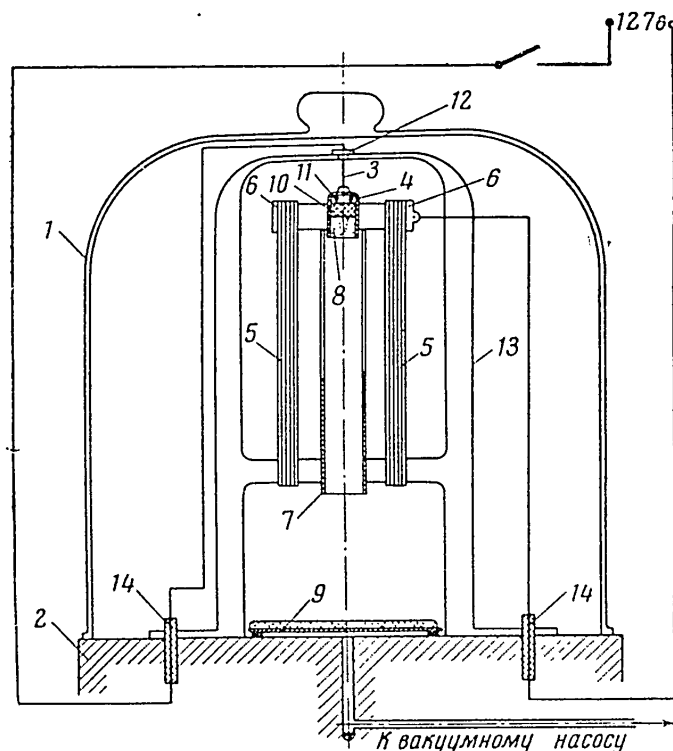
Сбрасывание плотных комков сыпучего вещества в слой грунта пониженной прочности вызывает в нем деформации, которые во всех особенностях можно сравнивать с цирками Луны. Показано [1], что форма и размеры полученных таким путем моделей цирков зависят от массы и скорости падающего вещества, а также от механических свойств и толщины слоя деформируемого грунта. Варьируя эти условия, можно получить модели, обладающие структурой, соотношением размеров и дополнительными признаками, свойственными различным типам лунных объектов. Оказалось также возможным прийти к выводу о постоянстве скорости падения на поверхность Луны материала, вызывавшего образование цирков. Но в предыдущих работах не затрагивался вопрос о влиянии на форму и размеры моделей потоков воздуха, возникающих при их образовании. Необходимо выяснить значение этого фактора — роли атмосферной среды в процессе образования моделей цирков — и явилась причиной проведения опытов по моделированию в условиях вакуума.

На фиг. 1 изображена схема установки, применявшейся при этих опытах. Ее основные элементы: стеклянный колпак 1, притертый к основанию 2, на котором смонтировано устройство для сбрасывания. При включении в цепь установки электрического тока подвес 3 из тонкой медной проволоки расплавляется, и патрон 4 получает возможность двигаться под действием натяжения резиновых лент 5 до упора своих заплечиков 6 в концах продольных прорезов направляющей трубки 7. Под действием возникающего при этом удара запрессованный в патрон заряд цемента 8 устремляется к подставке 9 и образует в лежащем на ней цементном слое модель цирка. Бумажный пыж 10, нагруженный несколькими дробинками 11, легко скользит внутри патрона, способствует при ударе полному и одновременному освобождению всего количества заключенного в нем цемента. Для обеспечения подвижности пыжа при умеренном вакууме оказалось целесообразным в верхней части патрона устроить отверстия для прохода воздуха. На выходной кромке патрона сделана насечка, предотвращающая выпадение из него пыжа.

На фиг. 2 показаны снимки моделей, полученных в условиях вакуума, а на фиг. 3 — профили их диаметральных разрезов. Модели получены сбрасыванием 0,5 г цемента с постоянной скоростью, составлявшей примерно 12 м/сек, в слой цемента толщиной 2,5 мм одинакового во всех случаях уплотнения.

При этих условиях модель *a* типична для давлений под колпаком 300—760 мм. Ее отличительные особенности — плоская, распространенная

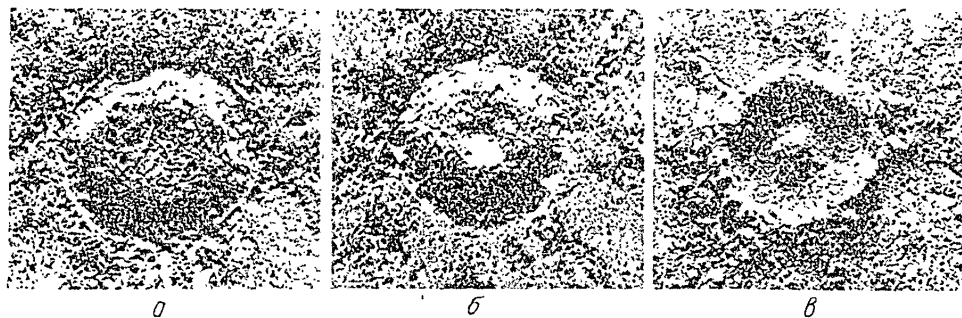
на всю внутреннюю область центральная возвышенность, резкий подъем внутреннего склона кольцевого вала и выбросы, состоящие из материала грунта. Модель *а* можно сравнивать с многочисленными примерами ран-



Фиг. 1. Схема установки для производства опытов

1 — стеклянный колпак; 2 — основание; 3 — порошок; 4 — патрон; 5 — резиновые ленты; 6 — заплечики; 7 — направляющая трубка; 8 — заряд цемента; 9 — подставка; 10 — пыль; 11 — дробь; 12 — изолятор подвески; 13 — штатив; 14 — проходные изоляторы электрической цепи

них образований на Луне, к которым можно отнести цирки Клавий, Магинус, весь комплекс объекта Катарина и др.



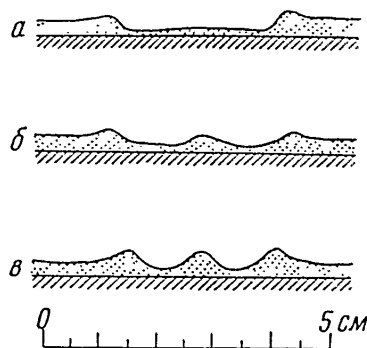
Фиг. 2. Снимки моделей, полученных в условиях вакуума

Форма *б* характерна для давлений около 100 мм. Она отличается четкой центральной горкой, плавным переходом дна внутренней области в склон кольцевого вала и венцом (не вместившимся на снимке) прямых лучей из сброшенного материала.

Форма *с* типична для давлений 10 мм. В основном она сходна с формой *б*, но отличается от нее уменьшенным диаметром, еще более высокой и стройной центральной горкой, более высоким кольцевым валом, чаще-видной внутренней областью. Выбросы формы *с*, состоящие из сброшен-ного материала, образуют густой венец мелких лучей, местами слива-ющихся в сплошные пятна. Дальнейшее уменьшение давления вплоть до 0,5 мм не внесло заметных изменений в эту форму.

Модели типа *б* и *с* мы можем сравнивать с такими цирками, как Тихо, Теофил, Плиний, которые относятся уже к поздним образованиям на Луне.

При низких давлениях в указанных выше условиях опыта высота центральных горок понижалась с увеличением скорости сбрасывания.



Фиг. 3. Профили диаметральных разрезов моделей, представленных на фиг. 2

При этом повышение прочности грунта сказывалось только на уменьшении высо-ты и диаметра кольцевого вала. Пониже-ние давления во всех случаях приводило к накоплению сброшенного материала у внутреннего склона кольцевого вала. Про-филь этого вала имеет плавные очертания, что в свою очередь способствует выбрасыванию сброшенного материала за пределы цирка. Это указывает, что нали-чие атмосферных потоков в момент образо-вания цирка увеличивает текучесть сбрасываемого материала за счет снижения сил трения между отдельными его части-цами, а также между этими частицами и грунтом. При существовании атмосфер-

ной среды кинетическая энергия падающей массы меньше расходуется на работу трения и полнее используется на деформацию грунта, что приводит к образованию кольцевых валов увеличенного диаметра.

ВЫВОДЫ

1. Наличие атмосферной среды не вносит принципиальных изменений в процесс образования цирков. Изменение плотности атмосферы приводит только к развитию или ослаблению отдельных сторон этого процесса.

2. Различия в строении цирков раннего и более позднего времени образования могут быть объяснены не только условиями, сложившимися в месте их возникновения [1, 2]. Высокие центральные горки у поздних образований в сочетании с остальными признаками, как, например, форма внутренней части цирка и общий характер лучистого ореола, можно счита-ть указанием (если допустить постоянство скорости падения циркообра-зующего материала) на существование в прошлом на Луне атмосферы, которая постепенно рассеялась.

Ростов-на-Дону, ноябрь 1954 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. Ф. Сабансеев. О происхождении лунных цирков. Бюлл. ВАО, 1953, № 13(20).
2. П. Ф. Сабансеев. Причины различий в строении светлых лучевых ореолов лунных цирков. Бюлл. ВАО, 1955, № 17(24).

ЛУЧИ ЛУННЫХ КРАТЕРОВ И ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

И. В. Иванова

В 1939 г. мы сообщили [1], что французский астроном Дельморт открыл на Луне интересные эллиптические образования, которые составляют сеть, покрывающую целиком всю лунную поверхность. Дельморт обнаружил 98 таких эллиптических образований, а впоследствии Дарней еще 140 [2]; находил их также Ламеш (директор обсерватории на Корфу) и бельгийский астроном Пьеро, но до сих пор эллиптические образования на Луне открыты еще далеко не все.

Эти образования представляют собой овальные площадки разпой величины, окаймленные по краям маленькими кратерками и более крупными образованиями — кратерами, горными невысокими гребнями, бороздами, — которые частично сильно разрушены, что указывает на их очень древнее происхождение. Эти образования пересекаются между собой и перенутываются очень сложно, отличаясь друг от друга разными оттенками.

Казалось, что эти эллиптические образования расположены на лунной поверхности совершенно беспорядочно и хаотично, но постепенно удалось установить, что они составляют несколько систем с чрезвычайно большим скоплением этих образований и с ориентацией к определенным большим циркам, образуя светлые лучи, исходящие из этих цирков (Дарней) (фиг. 1).

В конце упомянутой статьи [1] мы призывали советских астрономов изучать эти образования и высказать о них свое мнение. Но в изданных после того статьях и книгах о Луне (правда, очень малочисленных) об эллиптических образованиях не упоминалось. Поэтому в настоящей статье мы хотим более подробно рассмотреть особенности их строения с целью попытаться выяснить вопрос об их происхождении.

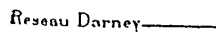
Рассмотрим некоторые системы эллиптических образований.

1. Система цирка Коперник. На фиг. 2 в некоторых местах линии, прерванные и трудно различимые, даны как ясные и законченные [3]. Вся область, окружающая цирк, густо усеяна эллиптическими образованиями, составляющими систему его лучей; ясно видна связь этих образований с большим кратером Коперник — их большие оси неизменно направлены к цирку; области на севере и на востоке бедны эллиптическими образованиями, быть может на севере произошло их полное переплавление в Море Дождей, а на востоке — разрушительное влияние оказал цирк Кеплер.

Следует отметить, что цирки Гей-Люссак и Стадигус принадлежат к системе Тихо.

2. Система Моря Дождей (фиг. 3). Огромная площадь в 4050 тыс. км², или $\frac{1}{6}$ видимой части Луны, покрыта лучами, исходящими из центра системы, находящегося между цирком Платон и Заливом Радуги и

3. Система Тихо. Самая мощная система лучей при циркуляции Тихо в то же время является и самой мощной системой эллиптических обра-



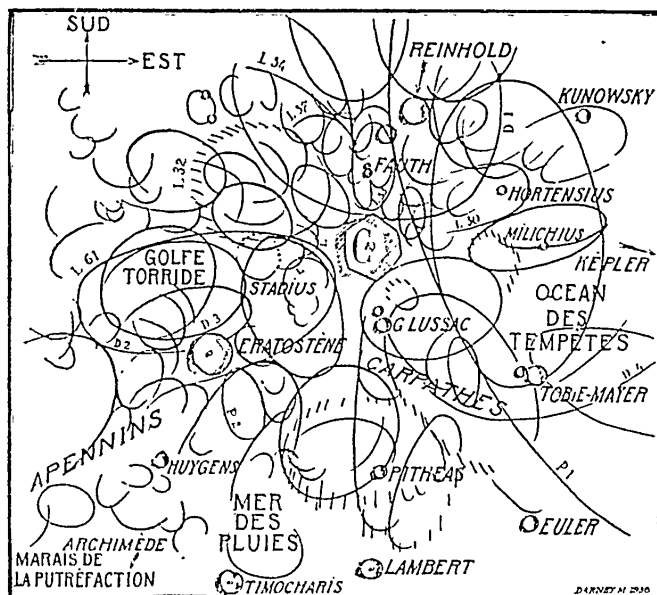
-----Reseau Delmotte

В некоторых других системах лучей также есть эллиптические образования с направленными к центру осями: таковы системы цирков Кеплер, Аристарх—Геродот и другие.

30.

торая, может быть, некогда была у Луны, вещество от цирка Тихо могло быть отнесено в виде прямолинейного луча к Морю Истности.

Согласно Дарнею, системы лучей возникают от трещин, появляющихся в почве при образовании больших цирков (и на самом деле, при маленьких кратерах не обнаружено лучей); жидкая магма заполняла эти трещины, а наносы плотно соединяли края трещин; при охлаждении получалась гладкая, стекловидная поверхность. Если сжатие трещины было большое, магма могла даже выливаться наружу, создавая сразу застывший рельеф, который некоторые авторы описывали как рельеф лучей высотой 5—7 метров [5]. Интересно отметить, что на лучах Тихо располо-



Фиг. 2. Эллиптические образования системы цирка Коперник

жены линии маленьких кратеров; это указывает на слабое сопротивление коры в этих местах — отсюда трещины и выливание магмы.

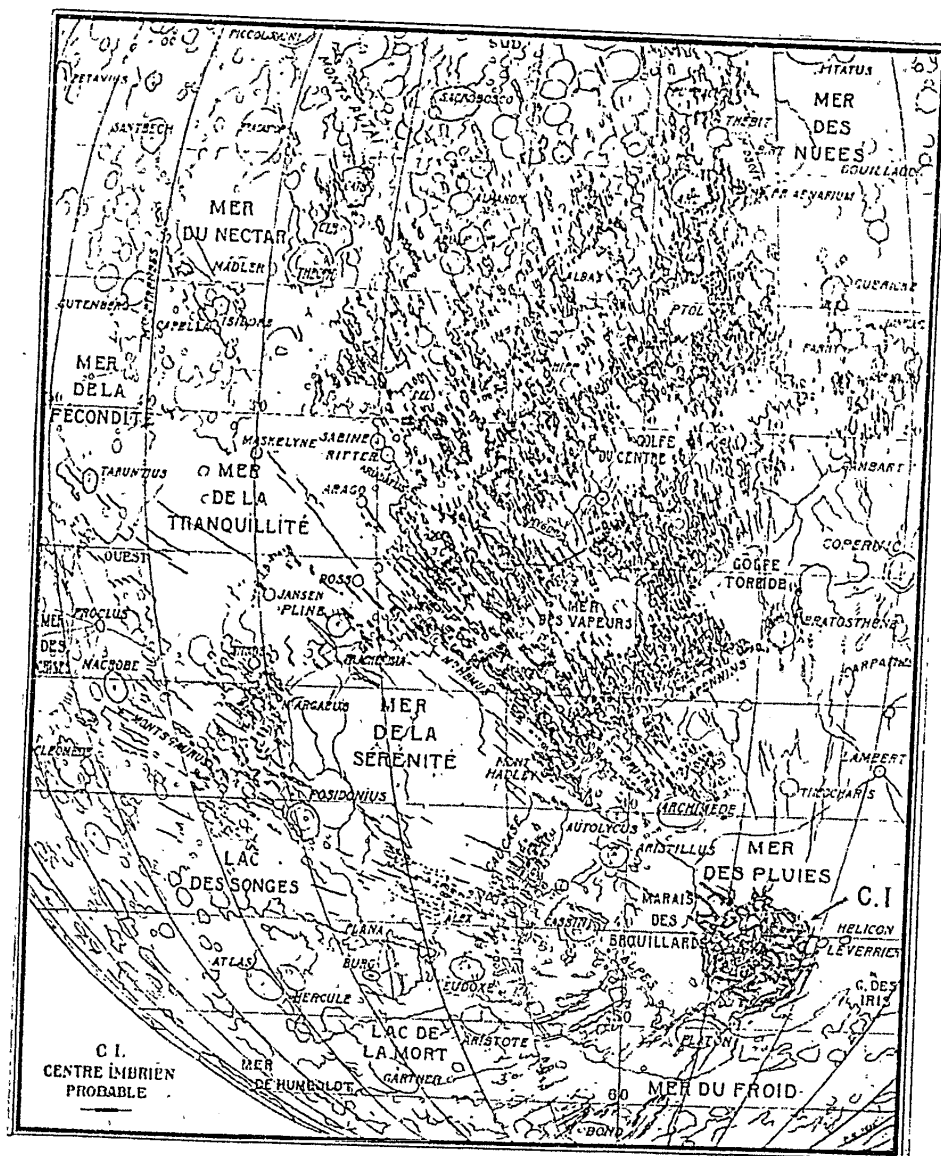
Но возникает вопрос: как же получилось, что эти лучи состоят из «цепи» эллиптических образований?

Дарней об этом ничего не говорит, мы же высказываем свое предположение: быть может, магма выливалась не сразу вдоль всей трещины, а постепенно, в отдельных ее участках; выливаясь из горячих лунных недр «порция» магмы сразу подверглась охлаждению, так как весьма возможно, что Луна не могла даже с самого начала своей формации удержать хоть сколько-нибудь значительную атмосферу у поверхности. Под влиянием низкой температуры магма сразу застыла, кристаллизировалась и сохранилась до нашего времени в виде овального образования. Последующие извержения давали новые эллиптические образования, причем, выливаясь из других слоев лунных недр, магма могла иметь другой химический состав, другой цвет, и получающиеся эллиптические образования отличались один от другого оттенками, как это отмечается и теперь.

Что касается эллиптических образований, покрывающих сетью всю поверхность Луны, то Дельморт-понагал, что они возникли при переходе коры из жидкого состояния в твердое и раньше могли обладать повышенной сейсмичностью. Аналогичные овальные образования с повышенной сейсмичностью находят и на Земле [6]: на западном берегу Америки, в Азии, в Восточной Европе, в Китае, Японии, на Зондских островах

и в Австралии, а также на дне океанов — Атлантического, Северного Ледовитого и Индийского.

Разницу в оттенках, повидимому, тоже можно объяснить тем, что магма выбрасывалась из разных слоев лунных недр. Она быстро засты-



Фиг. 3. Эллиптические образования системы Моря Дождей

вала на поверхности Луны, и получались гладкие остеклованные овалы, иногда наложенные друг на друга, иногда располагавшиеся беспорядочно.

В заключение укажем, что предположение Дарнея об образовании лучей лунных кратеров путем заполнения магмой трещин, возникших при создании самих кратеров, — не ново. Подобные соображения высказывали и раньше некоторые авторы. Ново и интересно открытие Дарнея, что лучи, это — не прямолинейные насыпи, а несколько искривленные «ряды» эллиптических образований, которые, конечно, не могли возникнуть мгновенно, а создавались хотя и довольно быстро, но постепенно.

Недавно обнаруженное проф. Н. П. Барабашевым интересное явление, что свет отражается лучами лунных цирков совсем иначе, чем тонко размельченным порошком, как будто подтверждает взгляды Дарнсея на происхождение этих лучей [7].

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. И. В. И в а н о в а. Эллиптические образования на лунной поверхности. Наука и жизнь, 1939, № 7.
2. M. D a r n e y. Les aires élliptiques de la Lune. Astronomie, 1930, octobre, pp. 456—460.
3. M. D a r n e y. Le cirque lunaire Copernic et son système d'aires élliptiques. Astronomie 1940, août, p. 172.
4. M. D a r n e y. Le système Imbrien. Astronomie, 1933, octobre, pp. 452—457.
5. Хэккер и Стюарт. Лучи лунных кратеров. Мирозведение, 1936, № 2 (см. также И. И. Попов, К. Л. Баев, В. А. Воронцов-Вельяминов, Р. В. Куницкий. Астрономия, 1-е изд., Учгедгиз, 1940, стр. 260).
6. Astronomie, 1930, octobre (ссылка на изыскания Montessus de Ballore и British Astronomical Association).
7. Н. П. Б а р а б а ш е в. Исследования физических условий на Луне и планетах. Изд. ХГН, 1953, стр. 157.

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМЕТЫ 1948 г. (ХОНДА — БЕРНАСКОНИ)

Ф. Ю. Зигель

Из открытых в 1948 г. 18 комет только две достигли такой яркости, что были доступны для невооруженного глаза. Это — большая комета 1948 г. (1948 I), появившаяся на южном небе в ноябре, и наблюдавшаяся в середине того же года комета 1948 г. Последняя была открыта 2 июня Хонда и двумя днями спустя Бернаскони [1]. В момент открытия комета имела вид диффузного объекта 4^m с хвостом длиной около 1° . ПерIOD благоприятной видимости ее был невелик. В июне комета двигалась по созвездиям Персея, Андромеды, Ириды и Лебедя и, следовательно, для южных наблюдателей была видна низко над горизонтом. В северном же полушарии наблюдению кометы мешали светлые июньские ночи. Элементы орбиты кометы, вычисленные Кенингхемом [2], показали, что комета 1948 г. прошла через перигелий 15 мая и, следовательно, в период наблюдений уже удалялась от Солнца. В июле блеск кометы уменьшился до 12^m , в августе — до 16^m , а в сентябре достиг 19^m , и комету 1948 г. можно было наблюдать лишь в сильнейшие телескопы.

В СССР комету 1948 г. наблюдали на многих обсерваториях, главным образом в июне и июле. Уже 8 июня на Киевской обсерватории С. К. Всехсвятский и В. П. Коноплева заметили комету как диффузный объект 5^m с головой диаметром $3'$, в которой легко различалось ядро, и хвостом длиной около 2° . Начиная с 9 июня, комету систематически наблюдали в Ашхабаде, Сталинабаде, Казани, Кieve, Абастумани и других южных обсерваториях Советского Союза. Цель настоящей работы — установление физических характеристик кометы 1948 г (Хонда — Бернаскони) в основном на материале наблюдений, проведенных в СССР.

ТИП ХВОСТА КОМЕТЫ

Для определения типа хвоста кометы 1948 г. была использована фотография кометы, полученная А. Ф. Торонджадзе 13 июня 1948 г. на Абастуманской астрофизической обсерватории. Снимок сделан 200-мм камерой 400-мм рефлектора с экспозицией 35 мин. Фокусное расстояние объектива камеры 100 см, момент снимка 2 ч. 00 м. МВ. На снимке (поле $8 \times 8^\circ$) хорошо видна структура головы и хвоста кометы, уходящего за пределы снимка (длина хвоста больше 7°). По Кенингхему [2], элементы орбиты кометы таковы:

$$\begin{aligned} T &= 1948 \text{ май } 15, 90624 \text{ МВ} & i &= 23^\circ, 16174 \\ \omega &= 317^\circ, 04328 & q &= 0,2077072 \\ \Omega &= 203^\circ, 13279 \end{aligned}$$

После отождествления звезд на снимке был сделан рисунок кометы на участке карты из атласа А. А. Михайлова (изд. 1952 г.). Для момента наблюдения координаты кометного ядра оказались:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{\nearrow} &= 0^h 59^m 42^s \\ \delta_{\nearrow} &= +52^\circ 53' 48'' \end{aligned} \right\} (1900, 0)$$

Для того же момента координаты Солнца (из АЕ на 1948 г.):

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{1900} &= 5^h 22^m 11^s \\ \delta_{1900} &= +23^\circ 09' 49'' \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \lambda_0 &= 81^\circ 57' 44'' \\ R_0 &= 1,01571 \end{aligned}$$

Точки проекции радиуса-вектора вычислялись по формуле:

$$\lg \delta_0 \sin(\alpha_{\nearrow} - \alpha) = \lg \delta_{\nearrow} \sin(\alpha_0 - \alpha) + \lg \delta \sin(\alpha_{\nearrow} - \alpha_0),$$

где α_0 и δ_0 — экваториальные координаты Солнца, $\alpha_{\nearrow}$ и $\delta_{\nearrow}$ — экваториальные координаты ядра кометы, α и δ — координаты точек проекции, из которых α задается произвольно.

В результате вычислений найдены следующие координаты точек проекции радиуса-вектора кометы:

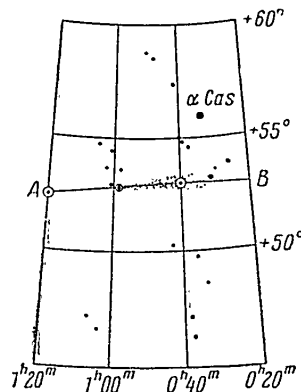
$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= 0^h 40^m 00^s, \\ \delta_1 &= +53^\circ 01' 40'', \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} \alpha_2 &= 1^h 20^m 00^s, \\ \delta_2 &= +52^\circ 32' 15''. \end{aligned} \right.$$

Радиус-вектор проходит вблизи средней линии хвоста (фиг. 1), и, следовательно, хвост направлен строго в сторону, противоположную Солнцу. Аналогичные результаты получились и при обработке рисунка кометы, сделанного 10 июня в Ашхабаде И. С. Астаповичем. Для определения надежности проектирования вычислены углы S и $\xi'O\eta'$ по обычным формулам [3]:

$$\cos S = \frac{R_0}{\rho} \sin(\lambda_0 - \Omega) \sin i; \quad \lg(\xi'O\eta') = \frac{\cos S}{\cos k \sqrt{\sin^2 S - \cos^2 k}}$$

где S — угол между лучом зрения и плоскостью кометной орбиты а $\xi'O\eta'$ — видимый угол между осями прямоугольных кометоцентрических координат. Координаты Солнца (R_0 и λ_0) брались из АЕ на 1948 г., элементы кометной орбиты (Ω и i) — по данным Кенингхема [2], а геоцентрическое и гелиоцентрическое расстояния кометы (ρ и r), нужные для вычисления угла фазы k , находились по эфемериде Шепли [4]. Для момента снимка получилось, что $S = 115^\circ 00' 55''$, а $\xi'O\eta' = 94^\circ 26' 55''$, т. е. метод проектирования дает надежные результаты. Следовательно, направленность хвоста, его прямолинейность и струйчатое строение, хорошо различимое на фотоснимке (фиг. 2), дает возможность с уверенностью отнести его к I типу.

Некоторые наблюдатели (И. С. Астапович, С. К. Всехсвятский и др.) отмечают второй хвост, принадлежащий, по их мнению, к II или II⁰ типам. Для решения вопроса о природе второго хвоста кометы 1948 г



Фиг. 1. Положение хвоста кометы 1948 г. 30 июня 1948 г. (по фотографии А. Ф. Торонджадзе). AB — проекция радиуса-вектора



Фиг. 2. Фотография кометы 1948 g (Хонда — Бернаскопи), полученная 13 июня 1948 г. на Абастуманской обсерватории
А. Ф. Торонджадзе

были рассмотрены опубликованные наблюдения [5, 6], а также и неопубликованные материалы, любезно предоставленные И. С. Астаповичем (выписки из журналов наблюдений, рисунки).

По наблюдениям Е. В. Садаковой и С. К. Всехсвятского [5], в период с 11 по 14 июня комета, кроме основного хвоста I типа, имела еще короткий (10') хвост II⁰ типа. По данным И. С. Астаповича [6] 10 июня у кометы появился слабый и широкий второй хвост длиной 0^o,4, отклоненный от радиуса-вектора в сторону, обратную движению кометы, на

30—35°. На фотографии, полученной в тот же день, второй хвост имел длину до $0^{\circ},8$. Днем 11 июня в ядре кометы, повидимому, произошли крупные изменения — «резко укоротился хвост I типа, достигавший 9 и 10 июня 3° , появился короткий широкий хвост (видимо II типа), возникло резкое, звездообразное ядро 8^m , которое не наблюдалось до того, изменились форма и размеры головы, кроме того, комета стала желтее, что отчетливо показал апохромат и прямое определение показателя цвета как разности фотографической и визуальной звездных величин» [6]. На фотографии, полученной 11 июня, хвост I типа имел длину $1^{\circ},5$, а усилившийся в яркости и ставший более широким второй хвост — длину $0^{\circ},8$. И. С. Астапович считает, что второй хвост принадлежал ко II типу и образовался за счет взрыва в ядре, выбросившего пылинки и изменившего цвет кометы, а также форму и размеры ее головы. С таким заключением, однако, вряд ли можно согласиться.

Хвосты II типа, как и полные синхроны II⁰ типа, — относительно устойчивые образования, наблюдающиеся по крайней мере несколько дней подряд. Между тем уже 12 июня И. С. Астапович не обнаружил второго хвоста, не видно его было и 13 июня. На очень хорошем снимке А. Ф. Торонджадзе от 13 июня также нет никаких следов второго хвоста. Столь же кратковременны были наблюдения Е. В. Садаковой и С. К. Всехсвятского [5].

Наблюдая комету 17 июня, И. С. Астапович отметил, что оба хвоста, длиной до $1^{\circ},5$, сливаются и слабы [6]. Вычисления показывают, что для 17 июня $S = 133^{\circ} 59' 33''$, а $\zeta'O\eta' = 83^{\circ} 44' 25''$. Таким образом, объяснить резкое уменьшение за неделю угла второго хвоста с радиусом-вектором изменением расположения кометы относительно Земли нельзя. С другой стороны, следует также иметь в виду, что угол полных синхрон II⁰ типа с радиусом-вектором кометы всегда монотонно возрастает.

На рисунках кометы, сделанных И. С. Астаповичем 11 и 27 июня, второй хвост в значительной своей части входит в область хвостов I типа и напоминает передко наблюдаемые у комет лучевые системы I⁰ типа. Таким образом, есть все основания считать, что комета 1948 г обладала кроме главного хвоста I типа еще и лучевыми системами I⁰ типа.

Что касается изменений в цвете кометы, отмеченных И. С. Астаповичем, то их, по нашему мнению, можно объяснить следующим образом. Днем 11 июня ядро кометы, возможно, испытало столкновение с метеоритом, что вызвало интенсивное выделение газов из кометного ядра. Известно, что свечение хвостов I и I⁰ типов обусловлено в основном молекулами CO^+ . Из визуально наблюдаемых излучений наибольшей

интенсивностью обладает дублет с длинами волн $5076 \text{ \AA}$ и $5044 \text{ \AA}$. С другой стороны, в спектре Свана, характерном для голов комет, максимальной интенсивностью обладает линия в группе CO_2 с $\lambda = 5165 \text{ \AA}$. Усилившееся выделение молекул C_2 и CO^+ из кометного ядра привело к возрастанию общего излучения в области этих линий, чем и можно объяснить пожелтение кометы. С этой точки зрения понятно, что 12 июня, когда хвост стал невидимым, а кометное ядро ослабело, комета, как отмечает И. С. Астапович, снова приобрела белый цвет.

ГОЛОВА КОМЕТЫ

Комета обладала «луковичной» головой, характерной для «типичных» комет. И. С. Астапович отмечает небольшие изменения в форме и размерах головы. 9 и 10 июня комета имела совершенно круглую голову (с диаметром 5—6'), а после «взрыва» в ядре, происшедшего 11 июня, голова кометы приобрела «луковичную» форму, что, повидимому, связано с увеличив-

шимся выделением вещества в область кометных хвостов. На следующий день голова кометы снова стала круглой с поперечником около $6'$.

На исследованном нами снимке от 13 июня голова кометы обладает явной асимметрией в сторону хвоста I типа. Яркость головы асимметрически во все стороны сходит на нет. В пределах различимых глазом на снимке границ голова кометы имела диаметр 18 мм, что соответствует угловому поперечнику приблизительно в 1° . Вычисленный истинный поперечник головы кометы показывает, что комета 1948 г, как и большинство комет, обладала исполненной головой с поперечником 1,32 млн. км, т. е. близким к диаметру Солнца. В момент наблюдения комета находилась от Солнца на расстоянии $r = 0,95$ а. е., между тем как максимального размера головы комет достигают при $r = 2,5$ а. е. Следовательно, даже рядовые кометы развивают головы, превышающие по размерам Солнце. Рисунки и снимки кометы 1948 г позволяют с уверенностью отнести ее голову к типу С.

СПЕКТР И ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОМЕТЫ

По наблюдениям С. К. Всехсвятского [5], спектр кометы 1948 г имел обычный для комет вид. Детально спектр исследовал Ш. Ференбах [7], отождествивший наблюдавшиеся излучения со спектрами Свана CN , CN , CN_2 , NH_2 . Последнее отождествление сделано неуверенно, а что касается молекул CN_2 , то Ш. Ференбах считает их ответственными за излучение линии $\lambda = 4050 \text{ \AA}$. Видимый блеск кометы 1948 г менялся от 4^m (в момент открытия) до 19^m (в сентябре 1948 года). Определенные на основании оценок видимого интегрального блеска кометы H_0 и n оказались равными: по зарубежным наблюдениям [8] $H_0 = 8^m,0$, $n = 6,0$, а по советским исследованиям [9] $H_0 = 8^m,4$ (при условии, что $n = 4$).

Таким образом, комета 1948 г по фотометрическим характеристикам близко подходит к типичным и наиболее часто наблюдаемым кометам, у которых H_0 близко к $6-7^m$. Показатель степени в законе изменения блеска n , возможно, несколько выше среднего ($n = 4$). В таблице приведены основные физические характеристики кометы 1948 г.

Типы хвостов	Тип головы	H_0	n	Орбита кометы	
				q	e
I, I ^o	C	$8,0$	6,0	0,2077072	1
—	—	$8,4$	4,0	—	—

В заключение автор выражает благодарность И. С. Астаповичу и Е. К. Харадзе за предоставление материалов для настоящей работы.

Москва, февраль 1954 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Harvard College Observatory, 903.
2. Harvard College Observatory, 915.
3. С. В. Орлов. Кометы. ОНТИ, 1934
4. Harvard College Observatory, 907.
5. Астр. циркуляр, 1948, № 75.
6. Астр. циркуляр, 1948, № 76—77.
7. L'Astronomie, 1948, 62, июль.
8. La Physique des Comètes. Mém. Soc. roy. sci. Liège, 1953, 13, № 1—2, стр. 65—69.
9. Т. В. Водопьянова. Астр. циркуляр, 1954, № 145.

О СЛУЖБЕ КОМЕТНЫХ РАДИАНТОВ

Е. Н. Крамер

Несмотря на почти столетнюю историю идеи о связи метеорных потоков с кометами, она до сих пор еще не потеряла актуальности. После первых успехов в XIX в., когда была доказана связь Персеид, Лиррид, Леонид и Андромедид соответственно с кометами 1862 III, 1861 I, 1866 I и 1852 III (Биселы), астрономы XX в. дополнили этот список еще несколькими случаями явной связи метеорных потоков и комет, число же менее достоверных случаев такой связи — значительно больше. Однако наибольший интерес представляет исследование связи всех метеорных потоков с кометами. Здесь возникает целый ряд вопросов, на которые наука до сих пор не может дать вполне удовлетворительного ответа. К этим вопросам, прежде всего, относятся следующие:

1. Все ли метеорные потоки произошли в результате распада комет?
2. Все ли кометы, разрушаясь, оставляют после себя след в мировом пространстве в виде метеорных потоков?

3. Каков механизм распада комет и образования метеорных потоков?

Выяснение этих вопросов вовсе не является самоцелью метеорной астрономии.

Ясное и четкое исследование связи метеорных потоков с кометами является лишь исходным пунктом, позволяющим решить более фундаментальные вопросы астрономии и космогонии. Так например, исследование химического состава метеоров даст возможность многое сказать о вещественном составе комет; вычисление орбит отдельных кометных метеоров позволит судить о силах, приводящих к распаду комет; совместное изучение комет и метеорных потоков позволит исследовать движение, строение, эволюцию, происхождение и роль метеорных потоков и комет в солнечной системе.

Одна из важных задач любителей астрономии в области исследования метеоров — служба кометных радиантов. Эта задача состоит в том, чтобы непрерывно в течение нескольких лет наблюдать метеоры с целью определения радиантов. Имеются прекрасные многолетние ряды наблюдений В. Денинга, И. С. Астаповича, Н. Н. Сытинской, К. Гоффмейстера и других. Они внесли большой вклад в метеорную астрономию. Эти наблюдения требуют продолжения.

Имея в виду связь метеорных потоков с кометами, мы можем несколько сузить задачу. Ниже даются списки наиболее достоверных кометных радиантов. По этим спискам можно составить календарь наблюдений на каждую ночь (или несколько ночей), нанести на карту неба кометные радианты, найти соответствующие места на небе и следить за тем, соответствуют ли этим положениям реальные метеорные радианты. Другими словами, следует выяснить, действуют ли кометные радианты и совпадают ли они с метеорными радиантами.

В табл. 1 дан список наиболее достоверных кометных радиантов. Для каждой кометы дается вычисленный теоретический радиант и наблюдаемый метеорный радиант. Эпоха и координаты наблюдаемого радианта были получены в результате усреднения всех наблюдений, которым приписывался соответствующий вес.

В первом столбце табл. 1 даны порядковые номера кометных радиантов, во втором столбце — обозначения комет и радиантов (по ближайшей яркой звезде). В третьем, четвертом, пятом и шестом столбцах даны месяц, число, прямое восхождение и склонение теоретического и наблюдаемого радиантов (в понятие радианта входят его сферические координаты и средний момент наблюдения метеоров, по которым определен радиант). В седьмом столбце дана геоцентрическая скорость метеоров, в восьмом — долгота Солнца, соответствующая максимальному сближению Земли с орбитой кометы. В том случае, когда максимальное сближение не совпадает с узлом кометной орбиты, даны два значения радианта и долготы Солнца — для момента прохождения Земли через узел кометной орбиты и для момента наибольшего сближения.

Таблица 1

№	Комета, поток	Месяц	Число	α	δ	$\frac{v_g}{v_t}$	$\odot$
1	1792	I	6,0	214,5	+16,5	2,16	285,5
	ζ Boo	I	13,0	213,0	+15,0	—	—
2	1533	I	17,0	138,0	+35,0	1,22	296,1
	σ Cnc	I	17,6	135,0	+34,2	—	—
3	1759 III	I	21,0	202,0	—13,0	2,40	300,0
	1759 III	XII	12,0	175,0	— 1,0	2,47	262,5
	α Vir	I	16,4	200,5	— 5,8	—	—
4	1913 I	I	24,0	187,3	+22,2	2,00	303,0
	Com	I	24,5	182,3	+20,6	—	—
5	1718	II	1,0	209,0	—31,5	2,20	311,2
	π Uya	II	4,8	207,7	—30,6	—	—
6	1869 II	II	2,0	230,0	+26,5	1,90	312,6
	α CrB	I	24,9	231,2	+29,6	—	—
7	1833	II	3,0	139,0	+22,0	1,04	313,1
	1833	II	15,0	150,0	+19,0	1,04	325,1
	ϵ Leo	II	5,8	143,9	+22,1	—	—
8	1947 III	II	12,0	236,0	+12,0	2,18	322,3
	λ Ser	II	15,4	236,1	+11,9	—	—
9	868	II	10,0	185,7	+34,7	1,50	320,1
	CVn	II	16,1	180,0	+34,0	—	—
10	1948 XII	II	16,0	156,0	+27,0	0,83	327,0
	LMi	II	12,1	155,3	+24,1	—	—
11	1590	II	22,0	263,0	—24,0	1,92	332,6
	1590	III	12,0	282,5	—37,5	2,15	350,6
	ϵ Sgr	III	8,6	273,5	—40,7	—	—
12	1231	III	13,0	32,0	+31,0	0,50	351,5
	β Tri	II	26,0	29,2	+35,3	—	—
13	1683	III	18,0	208,0	—49,5	1,80	357,1
	α Sco	III	23,6	216,8	—47,0	—	—
14	1862 IV	III	18,0	249,5	+ 1,0	2,20	357,0
	λ Oph	III	12,2	247,1	+ 0,6	—	—

Таблица 1 (продолжение)

№	Комета, поток	Месяц	Число	α	δ	$\frac{v_g}{v_l}$	$\odot$
15	1556	III	31,0	184,0	-33,0	1,12	10,0
	β Ilya	III	26,7	184,6	-33,2	—	—
16	1834	IV	1,0	190,0	-10,0	0,98	11,0
	δ Vir	III	25,8	193,4	-8,1	—	—
17	1857 V	IV	7,0	302,0	+11,0	2,00	16,3
	α Aql	IV	7,1	299,0	+12,6	—	—
18	1918 II	IV	9,0	268,5	+44,1	1,49	18,2
	γ Dra	IV	15,2	267,9	+47,4	—	—
19	1927 II	IV	10,0	264,0	+28,0	1,88	19,1
	μ Her	IV	10,8	264,0	+28,2	—	—
20	1864 III	IV	24,0	277,5	+16,0	2,03	33,0
	μ Her	IV	18,1	273,4	+18,3	—	—
21	1844 II	IV	24,0	287,0	+5,0	2,14	33,2
	δ Aql	IV	19,8	287,2	+6,0	—	—
22	1748 II	IV	27,0	255,0	+24,0	1,40	35,9
	δ Her	IV	24,4	254,0	+26,5	—	—
23	1853 II	V	4,0	298,0	+14,0	2,04	42,5
	η Sge	IV	23,4	298,8	+20,7	—	—
24	1916 III	V	6,0	274,0	-53,0	1,80	44,5
	λ Tel	V	4,5	283,9	-50,7	—	—
25	1930 VI	VI	8,0	218,1	+45,3	0,50	77,0
	η UMa	VI	7,5	214,5	+52,2	—	—
26	1618 II	VI	12,0	274,0	+2,0	1,19	80,4
	λ Aql	VI	7,6	281,4	-2,9	—	—
27	1897 I	VI	19,0	350,5	+18,0	2,35	87,3
	α Peg	VI	27,3	343,8	+15,6	—	—
28	1860 III	VI	21,0	313,6	-7,7	1,90	89,3
	ϵ Cap	VI	17,8	307,1	-9,9	—	—
29	1850 I	VI	27,0	311,5	+60,5	1,43	94,3
	α Cep	VI	20,9	312,8	+58,9	—	—
30	1822 IV	VI	27,0	348,0	+30,0	2,22	94,4
	β Peg	VII	3,1	346,7	+34,4	—	—
31	1898 III	VI	29,0	15,5	+29,0	2,20	96,9
	β And	VII	0,7	12,3	+35,3	—	—
32	1822 III	VII	2,0	342,0	+14,5	2,28	99,4
	ζ Peg	VII	5,8	338,7	+9,5	—	—
33	1770 I	VII	6,0	275,0	-21,0	0,71	103,0
	1770 I	VIII	8,0	305,0	-17,0	0,51	134,5
	β Sge	VII	23,3	291,3	-16,3	—	—
34	1908 III	VII	6,0	6,5	+27,5	2,24	103,7
	α And	VII	5,2	4,4	+30,9	—	—
35	1886 III	VII	12,0	18,0	-41,0	1,90	108,7
	γ Phe	VII	20,6	21,0	-43,0	—	—
36	1926 VII	VII	12,0	325,3	+40,9	1,60	108,9
	τ Cyg	VII	15,0	326,5	+40,0	—	—
37	1933 IV	VII	14,0	13,9	+10,4	2,42	110,9
	η Psc	VII	11,0	14,4	+16,8	—	—
38	1770 II	VII	14,0	349,0	+11,0	—	111,2
	1770 II	VII	20,0	354,0	+14,0	2,12	116,7
	α Peg	VII	22,2	348,6	+15,7	—	—

Таблица 1 (продолжение)

№	Комета, поток	Месяц	Число	α	δ	$\frac{v_g}{v_l}$	$\odot$
39	1912 II	VII	21,0	30,0	-47,0	1,48	117,5
	γ Phe	VII	22,3	24,8	-44,8	—	—
40	1874 III	VII	23,0	27,0	+75,5	1,26	119,7
	β Cas	VII	29,6	17,0	+66,8	—	—
41	1919 V	VII	25,0	271,5	+62,3	1,09	121,4
	ζ Dra	VII	27,7	263,8	+65,8	—	—
42	1946 II	VII	25,0	22,0	+ 4,0	2,41	121,4
	α Psc	VII	30,4	25,0	+ 4,9	—	—
43	1764	VII	26,0	51,0	+45,0	1,99	122,7
	β Per	VII	25,2	51,1	+43,9	—	—
44	1939, III	VIII	4,0	19,0	-12,0	2,15	131,4
	η Cet	VIII	1,4	18,3	-12,3	—	—
45	1936 II	VIII	7,0	34,4	+81,0	1,60	134,0
	Cam	VIII	12,6	51,8	+73,0	—	—
46	1737 II	VIII	8,0	125,5	+80,0	1,23	135,0
	α UMi	VIII	10,3	132,2	+77,8	—	—
47	568	VIII	9,0	264,0	-36,0	0,49	136,0
	568	VII	28,0	258,0	-29,0	0,66	124,0
	λ Sco	VII	24,8	264,5	-33,3	—	—
48	1925 II	VIII	11,0	46,0	-34,0	1,97	138,0
	ϕ Eri	VIII	7,2	42,6	-35,6	—	—
49	1852 II	VIII	12,0	41,0	-13,5	2,21	138,6
	1827 II	VIII	13,0	45,5	- 8,5	2,12	139,2
	σ Cet	VIII	2,3	39,1	-15,9	—	—
50	1862 II	VIII	13,0	45,0	+12,0	2,42	140,2
	1862 II	VIII	21,0	49,0	+13,0	2,42	147,8
	δ Ari	VIII	8,7	48,4	+26,3	—	—
51	1925 XII	VIII	14,0	62,5	+40,2	—	141,0
	δ Per	VIII	15,8	62,4	+45,8	—	—
52	1457 II	VIII	15,0	303,0	- 3,0	0,82	141,4
	ϕ Aql	VIII	10,1	300,8	- 8,2	—	—
53	1780 II	VIII	18,0	1,0	+35,5	1,90	144,5
	σ And	VIII	16,3	4,9	+34,7	—	—
54	1871 IV	VIII	22,0	5,5	+45,0	1,82	148,2
	π Cas	VIII	24,9	2,6	+46,7	—	—
55	1911 II	IX	1,0	89,0	+40,0	2,23	157,9
	β Aur	IX	3,1	79,6	+39,8	—	—
56	1858 VI	IX	10,0	107,0	+53,0	1,92	166,6
	ξ Aur	IX	9,3	101,9	+54,8	—	—
57	1907 IV	IX	12,0	348,0	+ 3,0	1,00	168,6
	α Ari	IX	9,8	347,9	+ 1,0	—	—
58	1854 III	IX	13,0	53,5	-16,0	1,94	169,1
	γ Eri	IX	19,9	59,3	-12,2	—	—
59	1790 I	IX	18,0	111,0	+39,0	2,25	174,9
	ψ Aur	IX	26,4	110,4	+41,1	—	—
60	1893 III	IX	19,0	66,0	+11,0	2,22	174,8
	λ Tau	IX	13,3	57,0	+11,0	—	—
61	1766 II	IX	23,0	3,0	+ 9,0	0,91	179,0
	ω Psc	IX	19,1	1,3	+ 7,9	—	—

Таблица 1 (окончание)

№	Комета, поток	Месяц	Число	α	δ	$\frac{r_p}{r_l}$	$\odot$
62	1763	IX	23,0	44,0	-23,0	1,50	179,0
	τ^3 Eri	IX	25,3	45,0	-23,9	—	—
63	961	X	3,0	63,7	-13,6	1,76	189,6
	γ Eri	X	3,0	58,9	-10,9	—	—
64	1847 VI	X	6,0	48,0	+43,0	1,92	192,2
	β Per	X	10,2	45,6	+44,4	—	—
65	1757	X	10,0	21,0	+18,0	1,17	196,0
	η Psc	X	9,1	23,8	+15,6	—	—
66	1723	X	11,0	113,0	- 8,0	2,12	197,6
	α CMa	X	17,2	107,4	- 2,3	—	—
67	1850 II	X	14,0	11,0	+46,0	1,15	200,0
	1850 II	X	21,0	20,0	+51,0	1,08	207,4
	β And	X	14,8	20,5	+43,0	—	—
68	1580	X	18,0	62,0	-23,0	1,40	204,0
	1580	X	23,0	68,0	-23,0	—	—
	γ Eri	X	19,9	68,3	-14,3	—	—
69	1580	IV	15,0	331,0	+36,0	1,40	24,0
	Lac	IV	16,6	331,1	+38,9	—	—
70	1842 II	X	26,0	79,0	+55,0	—	212,3
	α Aur	X	26,4	84,8	+52,3	—	—
71	1739	X	24,0	160,0	+38,5	1,98	210,3
	ϵ Per	X	25,2	160,6	+40,0	—	—
72	1948 IV	X	27,0	45,0	+28,5	1,34	213,0
	ϵ Ari	X	21,3	43,3	+24,7	—	—
73	1873 IV	XI	15,0	160,0	+61,5	1,70	231,6
	α UMa	XI	8,9	156,5	+63,5	—	—
74	1944 I	XI	20,0	132,0	- 8,0	2,18	237,9
	ζ Hya	XI	18,0	133,3	- 8,7	—	—
75	1702	XII	2,0	57,0	+26,0	0,85	249,3
	η Tau	XI	28,1	60,4	+23,4	—	—
76	1798 II	XII	4,0	158,5	+34,0	2,16	251,6
	ζ Leo	XII	6,6	155,0	+37,0	—	—
77	1884 I	XII	8,0	189,5	+66,5	1,38	254,9
	κ Dra	XII	6,7	190,6	+70,7	—	—
78	1939 X	XII	22,0	230,0	+76,0	1,16	269,8
	1912 IV	XII	23,0	223,0	+75,5	1,17	270,2
	β UMi	XII	24,4	225,4	+73,9	—	—
79	1680	XII	28,0	131,5	+21,5	2,00	276,0
	δ Cnc	XII	22,6	129,0	+19,1	—	—

Кроме наиболее достоверных радиантов представляют некоторый интерес теоретические радианты комет, с орбитами которых Земля тесно сближается (на расстояние, меньшее 0,05 а. е.), но которые наблюдениями еще не подтвердились. Список таких радиантов дается в табл. 2. Здесь в первом столбце даны порядковые номера, во втором — обозначения комет, в третьем — расстояние Земли от орбиты кометы в момент сближения; в четвертом, пятом, шестом и седьмом столбцах даны соответственно месяц, число, прямое восхождение и склонение радианта. В восьмом

столбце дана геоцентрическая скорость метеоров, в девятом — долгота Солнца в момент сближения.

Таблица 2

№	Комета	Δ	Месяц	Число	α	δ	$\frac{v_g}{v_l}$	$\odot$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1770 II	+0,027	I	12	220°	—30,5	2,12	291,2
		+0,115	I	23	232	—34		302,0
2	1840 I	—0,037	I	22	129	—27,5	1,29	301,5
3	1092	+0,012	II	7	103	—36,1	0,76	317,7
4	1858 IV	—0,045	II	16	272,5	+11	1,80	326,3
5	574	—0,02	II	17	112	—61	1,03	327,6
6	137 до н. э.	+0,004	V	23	346	—21	2,20	
			VI	8	355	—17		
7	1863 II	+0,054	VI	4	7	—45	2,04	72,5
8	1864 II	—0,015	VI	22	9	+5	2,49	90,4
9	1889 IV	+0,039	VII	10	66	—51	1,40	107,0
10	1900 II	+0,016	VIII	22	66,5	—54,5	1,30	148,7
11	1499	+0,016	VIII	26	316	—64,5	0,82	152,8
12	1893 IV=	+0,025	X	16	271	—35	0,34	201,8
		+0,135	XI	21	270	—32	0,49	233,3
	=1906 V	+0,020	X	25	264	—34	0,37	210,6
		+0,106	XI	16	269	—34	0,48	233,0
13	1779	—0,022	X	22	39,5	+28,5	0,98	207,5
14	1132	+0,047	X	27	168	+46	1,92	212,6
15	1849 I	+0,026	X	31	131	+77	1,68	216,6
16	1743 I	+0,025	XI	17	24	+5	0,44	234,0
		+0,025	II	8	348	—5	0,44	318,0
17	1881 I	+0,034	XII	16	276	—35	0,67	263,0
		—0,134	XI	30	259	—36	0,56	246,9

Необходимо подчеркнуть желательность наблюдений поля радиации известных метеорных потоков, которое имеет иногда сложное строение (Персеиды, Лириды и другие). Быть может, сложность и разбросанность радиантов больших потоков объясняется тем, что в момент действия этих потоков Земля сближается с орбитами нескольких комет. В табл. 3 дан список кометных радиантов наиболее известных метеорных потоков. Теоретические радианты группируются в таблице по признаку близости их эпохи и координат. В первом столбце табл. 3 даны обозначения комет, во втором — расстояние Земли от орбиты кометы в момент сближения. В третьем, четвертом, пятом и шестом столбцах даны месяц, число, прямое восхождение и склонение радиантов, в седьмом — геоцентрическая скорость метеоров, в восьмом — долгота Солнца в момент сближения, в девятом — наименование основного потока.

Теоретические радианты табл. 1 были вычислены в 1949—1950 гг. в Ашхабадской астрофизической лаборатории. Наблюдаемые радианты метеорных потоков были получены в Одесской астрономической обсерватории в результате усреднения всех наблюдаемых радиантов и эпох их наблюдения. Более подробное исследование кометных радиантов будет опубликовано в ближайшее время.

Таблица 3

Комета	Δ	Месяц	Число	α	δ	$\frac{v_g}{v_l}$	$\odot$	Поток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1861 I	+0,002	IV	19—20	270°,5	+33°,5	1,59	29°,9	Лириды
1927 II	+0,278	IV	10	264	+28	1,88	19,1	
1849 III	+0,148	IV	23	262	+36	1,47	31,9	
837	+0,021	IV	30	338	—15			γ-Аквариды
1698	+0,104	V	1	330	—8	2,30	40	
	+0,237	VI	1	350	0	2,22	69,4	
1835 III	+0,06	V	4	337	0			
1006	+0,90	V	10	342,5	+1,5			
1909 II	—0,039	VII	1	208,5	+55,5			Боотиды
1858 II	—0,231	VII	18	173	+50	0,32	114,8	
	+0,135	VIII	30	181	+23	0,62	156,8	
1862 III	+0,009	VIII	12	44	+57	2,04	138,6	Персеиды
1870 I	+0,022	VIII	16	28	+48,5	2,16	142,8	
1764	—0,132	VII	26	51	+45	1,99	122,7	
1910 II	+0,155	X	24	96	+15			Оршииды
1006		XI	7—16	116	+10			
1866 I	—0,007	XI	15	150	+23			Леониды
1366	—0,003	XI	10	149,3	+31	2,29	226,6	
1905 V	+0,263	XI	7	159	+34		223,6	
1813 I	—0,283	XI	23	163	+19	2,14	240,6	

При определении метеорного радианта и проверке кометного радианта следует обязательно воспользоваться критериями И. С. Астаповича, который предлагает не ограничиваться простым пересечением продолжений метеорных следов, а учитывать цвет, угловую скорость, длину пути и даже вид метеоров [1, 2]. Более подробный список кометных радиантов и их сравнение с метеорными радиантами можно найти в другой работе автора [3].

Одесса, октябрь 1953 г.

Астрономическая обсерватория
Одесского гос. университета
им. Мечникова.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Астапович и В. В. Федынский. Метеоры. Изд. АН СССР, 1940.
2. М. М. Дагаев и В. В. Федынский. Инструкция для наблюдения метеоров. Изд. АН СССР, 1949.
3. Е. Н. Крамер. Кометные радианты и связь метеорных потоков с кометами, часть 1. Известия Одесской астрономич. обсерватории, т. III, 1953.

ЕЩЕ РАЗ О ЗАКОНЕ ПЛАНЕТНЫХ РАССТОЯНИЙ¹

К. И. Домбровский

Исследуя возмущения планетных орбит, Лаплас нашел, что большие полуоси планетных орбит не подвержены вековым возмущениям, а только периодическим. Этим обусловлена устойчивость солнечной системы и постоянство (в среднем) времен обращения планет вокруг Солнца. Отсутствие вековых возмущений возможно, если существующая в данный момент конфигурация небесных тел никогда в дальнейшем не может повториться (кроме тривиального случая трех тел, разобранных Лагранжем). Это в свою очередь возможно, если отношения периодов обращения (или средних расстояний от Солнца) выражаются иррациональными числами.

Если расстояния от Солнца до двух планет находятся в рациональном отношении, то эти три тела будут периодически возвращаться к начальной конфигурации, что должно вызвать прогрессивные вековые возмущения, т. е. переход планет на новые орбиты. Очевидно, такие вековые возмущения будут периодически повторяться до тех пор, пока отношения средних расстояний не будут выражаться иррациональным числом.

Таким образом, если рассматривать Солнце и планеты как некоторую колебательную систему, свободную от трения, то можно высказать утверждение, что такая система будет находиться в устойчивом состоянии движения неограниченно долгое время только в том случае, если периоды и амплитуды колебаний относятся как иррациональные числа.

Если в силу каких-либо причин такая система выведена из равновесия и периоды колебаний системы находятся в рациональном отношении, то взаимодействие системы будет направлено на то, чтобы изменять периоды колебаний до тех пор, пока их отношения не будут выражаться иррациональными числами. Или, иными словами, свободно взаимодействующая колебательная система, подчиняющаяся третьему закону Кеплера, автоматически стремится занять состояние, соответствующее определенным уровням распределения энергии между элементами системы. При таком перераспределении энергии в системе отдельные планеты, переходя с одной орбиты на другую, очевидно, будут бесконечное число раз находиться на орбитах, соответствующих рациональным и иррациональным числам.

Естественно предположить, что в процессе перехода из неустойчивого в устойчивое состояние планеты займут именно те орбиты, которым соответствуют иррациональные числа, хуже других аппроксимирующиеся рациональными, или, что то же самое, среди всех возможных планетных орбит наиболее вероятны те, отношения между большими полуосями которых соответствуют наименее плотному распределению рациональных чисел на

¹ Печатается в порядке обсуждения. — *Ред.*

числовой оси; т. е. наиболее вероятно следующее отношение средних радиусов орбит:

$$\frac{R_{k-1}}{R_k} = \frac{R_k}{R_{k+1}} = \frac{\sqrt{5}-1}{2}.$$

По третьему закону Кеплера имеем:

$$\frac{R_k^3}{T_k^2} = \frac{c^2 (M + m_k)}{4\pi^2}.$$

Примем для произвольной i -й планеты радиус и период равными единице. Тогда отношение $\frac{R_k^3}{T_k^2}$ для любой планеты будет равно единице.

Сумма масс Солнца и i -й планеты принимается при этом постоянной. Энергия k -й планеты равна $E_k + E_p$, где

$$E_k = \frac{m_k v_k^2}{2} = \frac{m_k 2\pi^2 R_k^2}{T_k^2},$$

$$E_p = (M + m_k) \gamma R_k = \frac{(M + m_k) 4\pi^2 R_k^2}{T_k^2}$$

(γ -нормальное ускорение k -й планеты: $\gamma = \frac{v_k^2}{R_k}$).

Тогда

$$E_k + E_p = \frac{4\pi^2 \left(M + \frac{3}{2} m_k \right)}{R_k} = \frac{C}{R_k}.$$

Последнее уравнение есть уравнение гиперболы. Так как по предположению R_k есть среднее геометрическое между R_{k-1} и R_{k+1} , то площади, ограниченные кривой $E = \frac{C}{R}$ и ординатами $R_{i,k}$, постоянны и равны между собой:

$$\int_{R_{k-1}}^{R_k} C \frac{dR}{R} = C \ln \frac{R_k}{R_{k-1}} = \tau, \quad \int_{R_{k-1}}^{R_{k+1}} C \frac{dR}{R} = 2\tau.$$

И вообще, полагая $R_1 = 1$, получим:

$$\ln R_{k+1} = k \frac{\tau}{c},$$

откуда

$$R_{k+1} = e^{k \frac{\tau}{c}}.$$

С другой стороны

$$\frac{R_k}{R_{k-1}} = \frac{2}{\sqrt{5}-1} = 1,618 \dots, \ln \frac{R_k}{R_{k-1}} = 0,48057 \dots = H,$$

или

$$\ln R_{k+1} = kH.$$

Следовательно, натуральный логарифм радиуса орбиты может принимать лишь дискретный ряд значений, пропорциональный ряду целых чисел. Мы получили, таким образом, условие квантования планетных орбит.

Если высказанные нами предложения верны, то расстояния от Солнца до планет должны быть пропорциональны ряду чисел 0,38, 0,62, 1,00, 1,62,.....

В приведенных ниже табл. 1—5 сравниваются данные наблюдений и теоретических подсчетов для систем Солнца, Марса, Юпитера, Урана и Нептуна.

Таблица 1

Система Солнца					
	n	R	$1,618^n$	$\frac{R}{1,618^n}$	$\frac{R_k}{R_{k+1}}$
Меркурий	-2	0,387	0,382	1,012	0,535
Венера	-1	0,723	0,618	1,168	0,723
Земли	0	1,000	1,000	1,000	0,656
Марс	1	1,524	1,618	0,942	0,618
Астеронды 1	2	2,468	2,618	0,942	0,769
Астеронды 2	3	3,218	4,238	0,759	0,618
Юпитер	4	5,203	6,855	0,759	0,545
Сатурн	5	9,539	11,091	0,859	0,498
Уран	6	19,191	17,944	1,068	0,638
Нептун	7	30,071	29,034	1,057	0,759
Плутон	8	39,518	46,978	0,842	
Среднее значение				0,937	0,636
Средняя ошибка				-0,063	$\pm 0,018$

Таблица 2

Система Марса				
	n	R	$1,618^n$	$\frac{R}{1,618^n}$
Фобос	0	1,00	1,00	1,00
—	1	-	-	-
—	2	-	-	-
Деймос	3	3,98	4,24	0,94
Среднее значение				0,97
Средняя ошибка				$\pm 0,03$

Как видно из табл. 1—5, среднее отношение фактически наблюдаемых радиусов орбит к радиусам, вычисленным на основании изложенных соображений, составляет

$$\frac{R_{\text{набл}}}{R_{\text{теор}}} = 0,982,$$

т. е. средняя ошибка равна 0,018 R .

В таблицах не учтены внешние спутники Юпитера и спутники Сатурна. Можно предположить, что все они (или часть из них) являются

Таблица 3

Система Юпитера (галилеевы спутники)

	n	R	$1,618^n$	$\frac{R}{1,618^n}$	$\frac{R_k}{R_{k+1}}$
Ио	0	1,00	1,00	1,00	0,629
Европа	1	1,59	1,62	0,98	0,626
Ганимед	2	2,54	2,62	0,97	0,642
Каллисто	3	3,95	4,24	0,93	
Среднее значение				0,97	0,632
Средняя ошибка				-0,03	$\pm 0,014$

Таблица 4

Система Урана

	n	R	$1,618^n$	$\frac{R}{1,618^n}$	$\frac{R_k}{R_{k+1}}$
Миранда	-2	0,52	0,38	1,38	0,74
Ариэль	-1	0,71	0,62	1,15	0,71
Умбриэль	0	1,00	1,00	1,00	0,61
Титания	1	1,64	1,62	1,01	0,75
Оберон	2	2,19	2,62	0,84	
Среднее значение				1,08	0,705
Средняя ошибка				+0,08	$\pm 0,087$

Таблица 5

Система Нептуна

	n	R	$1,618^n$	$\frac{R}{1,618^n}$
Тритон	0	1,00	1,00	1,00
-	1	-	-	-
-	2	-	-	-
-	3	-	-	-
-	4	-	-	-
Нерепда	5	10,61	11,09	0,96
Среднее значение				0,98
Средняя ошибка				$\pm 0,02$

астероидами, сравнительно недавно попавшими в сферу притяжения больших планет. В этом случае их движение должно быть еще не установившимся, подобно орбитам большинства астероидов, подверженным вековым возмущениям.

Для астероидов выбраны две орбиты, соответствующие максимумам распределения астероидов по величинам средних расстояний от Солнца. Вообще в распределении орбит астероидов хорошо выражены максимумы, соответствующие иррациональным отношениям больших полуосей орбит астероидов и Юпитера, и минимумы, соответствующие простым рациональным отношениям.

То же наблюдается и в отношении кольца Сатурна — наиболее яркая часть кольца находится на расстоянии 0,38 радиуса орбиты ближайшего спутника Мимаса. С другой стороны, хорошо известны так называемые «пробелы Кирквуда» — просветы в кольце, расположенные на таких расстояниях от центра планеты, которым соответствует движение с периодами, находящимися в простых кратных отношениях ($1/2$, $2/5$ и т. д.) к периоду Мимаса.

Мы не учитывали различия в массах планет и совершенно не касались вопросов о скорости перехода системы из неустойчивого состояния в устойчивое. Очевидно при решении этого вопроса массы планет будут оказывать основное влияние. Из условия квантования радиусов орбит уже автоматически могут быть выведены законы квантования момента количества движения, энергии и т. д.

Все это подтверждает высказанную мысль о том, что устойчивость движения свободно взаимодействующей колебательной системы подчинена квантовым законам, которые могут быть описаны закономерностями распределения чисел и в первую очередь распределением простых чисел в натуральном ряде.

Москва, март 1954 г.

п
с
п
п
в
М
х
эт
п
с
с
о
к
в
п
ч
от
п
П
Т
[1]

за
ло
сп
ю
за

не
ет
ла
сп
Л
от
ко

ЗАКОН ПЛАНЕТНЫХ РАССТОЯНИЙ¹

В. Ф. Чистяков

В истории астрономии весьма важную роль сыграло эмпирическое правило планетных расстояний, найденное в 1766 г. Тицинусом. По этому правилу средние расстояния планет от Солнца в порядке их удаления можно представить геометрической прогрессией. В то время были известны только шесть планет (кончая Сатурном), движение которых неплохо укладывалось в это правило, если допустить существование неизвестной планеты между Марсом и Юпитером. Вновь открытая в 1781 г. планета Уран также хорошо укладывалась в это правило. Таким образом, в конце XVIII в. это правило представляло собой сравнительно точный закон природы, и, руководствуясь им, астрономы различных стран составили даже специальное общество для поисков неизвестной планеты между Марсом и Юпитером. Хотя новая планета и не была открыта членами этого общества, но постановка проблемы привела вскоре к открытию астероидов, которые и поныне принято рассматривать как остатки некогда существовавшей между Марсом и Юпитером планеты, разорвавшейся по неизвестным причинам (гипотеза Ольберса). Неудивительно поэтому, что для предвычисления положения Нептуна Леверрье использовал это правило. Однако открытие Нептуна не подкрепило этого правила. Впоследствии выяснилось, что, согласно правилу Тициуса — Боде, Нептун является «лишней» планетой, а его место занимает самая крайняя планета солнечной системы — Плутон. Астрономы предприняли немало попыток улучшить правило Тициуса — Боде, но и в последних редакциях (формула С. В. Орлова [1]) оно страдает, по сути дела, теми же недостатками.

Внимание исследователей было направлено на отыскание подобных закономерностей и в распределении спутников больших планет. Но оказалось, что геометрическая прогрессия не может объяснить распределение спутников в системах Юпитера, Сатурна и Урана, хотя и здесь отмечаются определенные закономерности, даваемые, например, параболической зависимостью [2].

Приведенные сведения позволяют высказать мнение, что правило планетных расстояний, несмотря на его приближенный характер, отображает, по видимому, некоторый довольно точный закон природы; можно полагать также, что этот закон связан с процессом формирования солнечной системы. В последнее время некоторые исследователи (О. Ю. Шмидт, Л. Э. Гуревич и А. И. Лебединский, В. Г. Фесенков) пошли по пути отыскания формулы закона планетных расстояний, исходя из тех или иных космогонических концепций. Несостоятельность формул О. Ю. Шмидта,

¹ Печатается в порядке обсуждения. — *Ред.*

И. Э. Гуревича и А. И. Лебединского вскрыта в работе Г. М. Идлица [3], и мы на них больше не останавливаемся. Остановимся только на законе В. Г. Фесенкова [4], так как он представляется нам весьма убедительным.

Считая, что закон планетных расстояний безусловно носит космогонический характер, В. Г. Фесенков не выводит его, однако, из какой-либо конкретной космогонической гипотезы. По его мнению, планеты образовались из диффузной материи, находившейся в окрестностях Солнца. Тем самым В. Г. Фесенков оставляет открытым вопрос о происхождении этой диффузной материи: представляла ли она собой остатки той материи, из которой сформировалось Солнце, или эта материя в свою очередь была выброшена Солнцем вследствие его ротационной неустойчивости. Формирующаяся из диффузной материи планета должна быть устойчива по отношению к приливной силе Солнца, т. е. ее плотность должна удовлетворять критерию Роша:

$$\delta = \frac{\alpha M_{\odot}}{r^3}. \quad (1)$$

Можно предположить, что первоначально образовалась самая удаленная планета — Плутон, так как на больших расстояниях условие Роша легче осуществимо, а более близкие планеты образовались последовательно позднее. Формирование каждой новой планеты происходит в более сложных условиях, чем предыдущей, поскольку она должна быть устойчивой в приливном отношении не только к Солнцу, но и к ранее образовавшейся планете. Иначе говоря, плотность новой планеты должна превышать предел Роша, определяемый из условия совместного приливного возмущения верхней планеты и Солнца. Это возмущение имеет максимум в момент наибольшего сближения обеих планет. Можно предполагать, что возмущающая сила уже образовавшейся планеты составляет лишь k -ую долю по отношению к возмущающей силе Солнца. Учитывая это, получим равенство:

$$\frac{\alpha m_n}{(r_n - r_{n-1})^3} = k \alpha \frac{M_{\odot}}{r_{n-1}^3}, \quad (2)$$

где индекс n принадлежит старой планете, $n-1$ — новой. Из выражения (2) получим:

$$r_n = r_{n-1} \left[1 + \frac{1}{k^{1/3}} \left(\frac{m_n}{M_{\odot}} \right)^{1/3} \right] \quad (3)$$

или

$$r_n = r_{n-1} \left[1 + K_{\odot} \left(\frac{m_n}{M_{\odot}} \right)^{1/3} \right]. \quad (3a)$$

Эта формула и выражает закон планетных расстояний. В. Г. Фесенков считает, что его формула зависит лишь от одного параметра $K_{\odot}$, который он находит путем подбора. При $K_{\odot} = 13,25$ формула (3a) хорошо представляет средние расстояния планет. Исследование Г. М. Идлица [5] показывает, что при помощи этой формулы можно объяснить распределение ближайших спутников в системах Юпитера, Сатурна и Урана.

Однако нетрудно видеть, что формула (3a) зависит не только от параметра $K_{\odot}$, но и от отношения $\left(\frac{m_n}{M_{\odot}} \right)$, да и сам В. Г. Фесенков, подбирая $K_{\odot}$, исходит из определенной закономерности распределения массы между планетами, напоминающей по своему виду нормальное распределение. Нам кажется, что из формулы В. Г. Фесенкова можно

получить результаты, схожие с результатами наблюдений при сохранении одного параметра, на основе следующих соображений.

Обозначим:

$$K_{\odot} \left(\frac{m_n}{M_{\odot}} \right)^{1/3} = \beta_n,$$

тогда вместо (3а) получим:

$$r_n = r_{n-1} (1 + \beta_n). \quad (4)$$

Подставляя в (4) последовательно r_{n-1} , r_{n-2} , и т. д., найдем:

$$r_n = r_1 (1 + \beta_1)(1 + \beta_{n-1}) \dots (1 + \beta_2). \quad (5)$$

Если бы значения β мало отличались друг от друга, можно было бы просто написать:

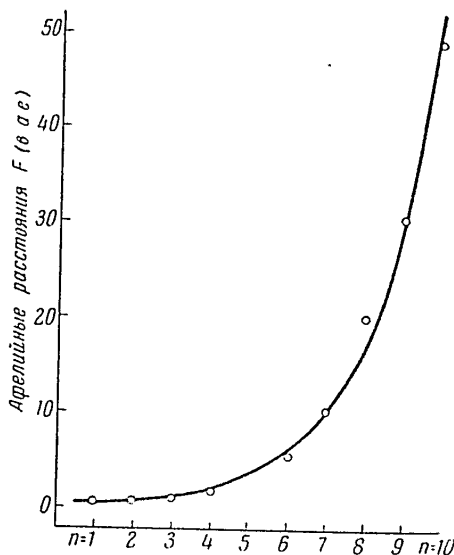
$$r_n = r_1 (1 + \beta)^{n-1}, \quad (6)$$

где индексы $1, \dots, n$ соответствуют номерам планет в порядке их удаления от Солнца. Таким образом, из теории В. Г. Фесенкова следует, что закон планетных расстояний должен носить экспоненциальный характер при условии равенства величин β . Мы увидим, что это условие будет близко к действительности, если за r принимать афелийные расстояния планет (поскольку на основании (4) $\beta_n = \frac{r_n - r_{n-1}}{r_{n-1}}$).

Многочисленные неудачные попытки представить закон планетных расстояний сколько-нибудь приемлемой эмпирической формулой позволяют предположить, что причиной неудач может быть подстановка в формулу закона большой полуоси орбиты. Действительно, если в формулу закона подставить афелийное расстояние, то можно получить довольно точные эмпирические формулы вида (6), пригодные для планет солнечной системы и для ближайших спутников Юпитера, Сатурна и Урана. Переходим к изложению результатов.

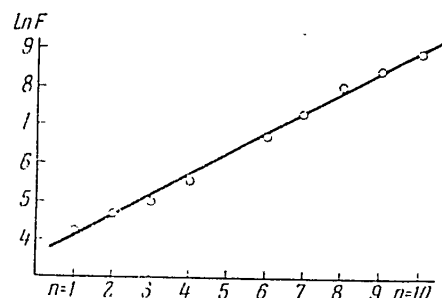
Солнечная система. Для планет будем пользоваться общепринятой нумерацией: для Меркурия $n=1$ и т. д., для астероидов $n=5$, для Плутона $n=10$. Значения афелийных расстояний F приводятся в табл. 1. Зависимость афелийных расстояний от номера n планеты наглядно представлена на фиг. 1, где видно, что кружки, отображающие фактические данные, в основном неплохо укладываются вдоль некоторой кривой показательного вида. Способ получения этой кривой следующий. Рассматривая соотношение натурального логарифма афелийных расстояний и номера планеты (эта связь изображена на фиг. 2), видим, что эта зависимость весьма близка к линейной. Статистическая обработка приводит к коэффициенту корреляции $r=+0,997$ и уравнению регрессии:

$$\ln F = 4,095 + 0,539(n-1). \quad (7)$$



Фиг. 1. Распределение афелийных расстояний планет

О степени соответствия теории действительности можно судить, сравнивая в табл. 1 столбцы третий и шестой (F и F'), а также на основе двух последних столбцов, дающих разность этих значений $\Delta F = F' - F$ и $\frac{\Delta F}{F}$. Мы видим, что максимальная ошибка не превосходит 3 а. е.,



Фиг. 2. Распределение логарифмов афелийных расстояний планет

а вообще же значения ΔF для всех планет (исключая Уран и Плутон) не превосходят 0,5 а. е. по абсолютному значению. Предлагаемая формула (7) дает удовлетворительный результат и для пояса астероидов, несмотря на некоторую условность афелийного расстояния для астероидов. При $n = 5$ для астероидов получим $F = 517,7 \cdot 10^6$ км, или 3,46 а. е. Эта величина близка по значению для афелийных расстояний некоторых крупных астероидов, например, для Паллады $F = 3,43$ а. е., для Юноны $F = 3,32$ а. е. и т. д.

Системы спутников Юпитера, Сатурна, Урана. Применение нашего метода к системам этих планет показывает, что линейная

Таблица 1

n	Планета	F млн. км	$\ln F$	$\ln F'$	F' млн. км	ΔF а. е.	$\frac{\Delta F}{F}$
1	Меркурий	69,7	4,244	4,095	60,0	-0,064	0,124
2	Венера	108,8	4,690	4,633	102,8	-0,045	0,055
3	Земля	152,0	5,024	5,172	175,8	+0,159	0,157
4	Марс	249,0	5,517	5,711	302,1	+0,353	0,213
5	Астеронды	—	—	6,250	522,4	—	—
6	Юпитер	815,3	6,703	6,788	888,4	+0,486	0,090
7	Сатурн	1505,0	7,252	7,327	1520,6	+0,100	0,010
8	Уран	3003,5	8,008	7,866	2606,0	-2,650	0,132
9	Нептун	4524,7	8,420	8,404	4466,2	-0,390	0,013
10	Плутон	7362,9	8,904	8,944	7659,5	+1,945	0,040

связь $\ln F$ и n наблюдается лишь для ближайших спутников Юпитера и Сатурна и для всех пяти спутников Урана. В табл. 2 приводятся коэф-

Таблица 2

Система	Спутники	Коэффициент корреляции	Уравнение регрессии для $\ln F$
Юпитера	V, I, II, III, IV	+0,992	$6,44 + 0,55048 (n-3)$
Сатурна	I, II, III, IV, V	+0,990	$5,70 + 0,24033 (n-3)$
Урана	V, I, II, III, IV	+0,998	$5,65 + 0,38465 (n-3)$

фициенты корреляции и соответствующие уравнения регрессии для этих систем, причем F выражено в тыс. км. Коэффициенты корреляции весьма

близки к единице. Можно было бы предположить, что отдаленные спутники Юпитера и Сатурна также должны удовлетворять закономерностям, наблюдаемым у ближайших спутников, но при этом пришлось бы допустить, что в этих системах известны не все спутники. Поскольку эти допущения носят спорный характер, мы не включаем отдаленные спутники в наш закон расстояний. Отметим, однако, довольно распространенное мнение о различной природе протекновения ближайших и отдаленных спутников в системах Юпитера и Сатурна. Ближайшие спутники, которые Г. М. Идлис [5] называет «регулярными» в противовес отдаленным «нерегулярным» спутникам, имеют большие массы, малые эксцентриситеты орбит и малые наклоны плоскостей орбит к плоскости экватора планеты. Можно полагать, что регулярные спутники возникли «естественным» путем, тогда как нерегулярные спутники были захвачены этими планетами. Все это тоже весьма спорно, но во всяком случае наши формулы удовлетворяют системам регулярных спутников этих планет.

Итак, фактические данные указывают, что закон планетных расстояний в показательной форме применим не к средним, а к афелийным расстояниям. Такая особенность может иметь определенный космогонический смысл. Как известно, в уравнениях небесной механики, описывающих устойчивые движения по орбите (например, формула III закона Кеплера), большая полуось орбиты a играет первостепенную роль. Покажем теперь, что такую же роль могут играть афелийные расстояния в одном предельном случае — в случае отделения и удаления планет от Солнца. Поскольку уравнения небесной механики безотносительны к знаку времени (так как время входит во второй степени), то задачу об отделении и удалении планет от Солнца мы вправе заменить обратной задачей — задачей о падении планет на Солнце.

Пусть некоторая планета падает из афелийной точки на Солнце под действием силы тяготения. Уравнение ее движения есть:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -k^2 \frac{M_{\odot}}{r^2}. \quad (8)$$

Решая его, получим:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 = \frac{k^2 M_{\odot}}{r} + C, \quad (9)$$

или, учитывая, что в афелии $\frac{dr}{dt} = 0$, найдем:

$$\left(\frac{dr}{dt} \right)^2 = 2k^2 M_{\odot} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{F} \right) \quad (9a)$$

(в случае $r = R_{\odot}$ эта формула дает конечную скорость падения планеты на Солнце). Решая далее уравнение (9a), свяжем r и t . Имеем:

$$\int \frac{dr}{\sqrt{\frac{1}{r} - \frac{1}{F}}} = \sqrt{2M_{\odot} k} \int dt. \quad (10)$$

Пределами интегрирования для r возьмем $r = F$ и следовательно $t = 0$ и $r = 0$ (беря пределом $r = 0$ вместо $r = R_{\odot}$, мы допускаем ошибку, но на значения F и t она влияет мало).

Положим далее $\frac{F}{r} = \sec^2 \varphi$, $r = F \cos^2 \varphi$ и $dr = -2F \cos \varphi \sin \varphi d\varphi$ и возьмем пределами интегрирования $\frac{\pi}{2}$ и 0, следовательно:

$$\int_F^0 \frac{dr}{V \frac{1}{r} - \frac{1}{F}} = - \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2F^{1/2} \cos^2 \varphi d\varphi = - \frac{\pi F^{1/2}}{2}.$$

Окончательно из уравнения (10) получим:

$$F^3 = \frac{8}{\pi^2} k^2 M_{\odot} t^2. \quad (11)$$

Формула (11) напоминает формулу III закона Кеплера. Придадим ей сходный вид:

$$F^3 = \frac{k^2}{4\pi^2} M_{\odot} (\sqrt{32} t)^2. \quad (11a)$$

Отсюда, в частности, нетрудно получить время падения планеты на Солнце, которое составляет его $\sqrt{32}$ часть от периода обращения по орбите (поскольку для многих планет $a \cong F$).

На основе этого примера мы убедились, что выбор афелийных расстояний в качестве параметра закона планетных расстояний может играть определенную космогоническую роль. На основе того, что закон планетных расстояний (теория В. Г. Фесенкова) действует по оси афелийных расстояний, мы приходим к выводу об образовании планет, их спутников, а возможно и других тел солнечной системы — комет, метеоров из материи, выброшенной Солнцем вследствие его ротационной неустойчивости. В настоящей статье мы не намерены развивать эту сравнительно старую космогоническую идею. Но нам хочется отметить, что подобная идея имеет неоспоримое достоинство с философской точки зрения, так как она позволяет включить эволюцию солнечной системы в общую цепь эволюции материи во вселенной.

В заключение автор выражает признательность В. А. Бронштэну, давшему ряд ценных советов при написании этой статьи.

Калининград, ноябрь 1953 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. В. Орлов. Метеоритика, вып. V, 1949.
2. С. С. Петров. Бюлл. ВАГО, 1939, № 1.
3. Г. М. Идлис. Астр. журн., 1952, 29, № 6.
4. В. Г. Фесенков. Астр. журн., 1951, 28, № 6.
5. Г. М. Идлис. Астр. журн., 1952, 29, № 5.



ИВАН ИВАНОВИЧ ПУТИЛИН

(1893—1954)

9 марта 1954 г. скончался Иван Иванович Путилин, доцент, кандидат физико-математических наук, инициатор организации и первый председатель Киевского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

Иван Иванович родился 3 ноября 1893 г. в г. Феодосии. В 1912 г. он окончил гимназию в Белгороде. Высшее образование и подготовку к научной работе он получил в Московском университете.

Уже с ранних лет Иван Иванович проявлял большой интерес к общественной деятельности и популяризаторской работе в области астрономических знаний. В бытность студентом Московского университета он принимал участие в общественной жизни Москвы, в революционном движении и гражданской войне.

Еще в студенческое время, в 1915 г., он записался в Московское общество любителей астрономии и стал одним из активных его членов. С 1927 по 1933 г. Иван Иванович руководил кружком вычислителей МОЛА. В этот период он принимал в течение двух лет деятельное участие как депутат в работе Фрунзенского райсовета г. Москвы, а также в органах профсоюза работников высшей школы. В то же время он уделял не меньше внимания и популяризаторской работе.

С 1924 по 1932 г. Иван Иванович работал научным сотрудником Астрономо-геодезического института МГУ, позже Государственного астрономического института им. Штернберга. С 1932 по 1934 г. он был ассистентом Московского геодезического института и одновременно — внештатным научным сотрудником Ленинградского института теоретической астрономии.

В 1934 г. Иван Иванович переехал в Киев по приглашению директора Киевской астрономической обсерватории профессора С. Г. Черного и был назначен старшим астрономом. В 1935 г. он стал доцентом по кафедре астрономии в Киевском государственном университете, где читал курсы общей астрономии, небесной механики, теоретической механики, высшей математики. В 1935 г. И. И. Путилин был присужден ученая степень кандидата физико-математических наук, в 1936 г. он был утвержден в ученном звании доцента.

Научную работу И. И. Путилин вел в области небесной механики (теории возмущенного поступательного движения небесных тел), фотографической астрометрии и изучения малых планет. Ему принадлежит свыше 80 опубликованных научных работ, главным образом по теории движения малых планет. Результатом многолетней работы его в области малых планет явилась большая монография «Малые планеты», вышедшая в свет в 1953 г. В Киевском университете он работал до своих последних дней.

Иван Иванович принимал участие в экспедициях по наблюдению полного солнечного затмения в 1936 г. в Западной Сибири и в 1945 г. в Сортавала.

И. И. Путилин был членом многих постоянных комиссий Астросовета Академии наук СССР (по небесной механике, по кометам, метеорам и астероидам, а также метеоритной комиссии АН УССР).

В Киеве И. И. Путилин развернул большую общественную и научно-популярную работу. Он принимал деятельное участие в профессиональных органах университета. Научно-популяризаторская работа И. И. Путилина в киевский период его жизни была весьма разнообразна: он проводил экскурсии на обсерваторию, читал лекции, давал консультации, вел переписку с любителями, помещал в различных журналах и газетах популярные статьи и заметки.

Следует особенно остановиться на инициативе И. И. Путилина в организации в Киеве отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества и участии в его работе. Он первый подал в 1938 г. мысль об организации отделения и образовал для этой цели инициативную группу из 13 человек. Председателем группы был избран И. И. Путилин, секретарем — Б. Н. Гиммельфарб. Инициаторам пришлось провести большую работу по оформлению отделения. Постановление об организации Киевского отделения было утверждено Центральным советом ВАГО 10 июля 1939 г.

В первом составе совета КОВАГО председателем был избран И. И. Путилин. Избранный совет проявил большую активность: в течение 1939 г. было привлечено в состав членов отделения 52 человека, в 1939 — 1940 гг. было проведено несколько общих собраний с докладами И. И. Путилина и других членов. Начала развиваться популяризаторская работа отделения, читались лекции, делались экскурсии на обсерваторию.

Война и эвакуация Киевского государственного университета в 1941 г. прерывают научную и популяризаторскую работу Ивана Ивановича. После эвакуации, в конце 1944 г. и начале 1945 г., образовалось оргбюро КОВАГО, в составе членов которого был И. И. Путилин. В дальнейшем И. И. Путилин неоднократно был избираем членом совета КОВАГО.

Иван Иванович читал публичные лекции, доклады, особенно о малых планетах. Последний его доклад, вызвавший большой интерес, был о «зеленом луче».

С 1948 г. И. И. Путилин состоял членом общества по распространению политических и научных знаний. В 1941-1942 гг. он находился в рядах Советской армии и был награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне». Иван Иванович Путилин умел работать, своим примером и активностью он увлекал других.

2 апреля 1954 г. состоялось общее собрание членов КОВАГО, посвященное памяти первого председателя отделения И. И. Путилина. Председатель КОВАГО Д. В. Пясковский сделал доклад о научной работе Ивана Ивановича, а член совета Н. Н. Садовский — о его общественной и научно-популяризаторской работе.

Иван Иванович скончался полным сил, он мог бы сделать еще многое в области научной и популяризаторской. Его смерть — большая потеря для КОВАГО, и члены общества всегда будут с благодарностью и глубоким уважением помнить инициатора и первого председателя Киевского отделения.

Н. Н. САДОВСКИЙ

СОДЕРЖАНИЕ

В. А. Бронштейн. Второй съезд Всесоюзного астрономо-геодезического общества.	3
Б. Н. Гиммельфарб. О некоторых ошибках, связанных с объяснением абберации звезд в теории относительности	14
П. Ф. Сабанеев. Причины различий в строении светлых лучевых ореолов лунных цирков.	22
П. Ф. Сабанеев. Результаты моделирования лунных цирков в условиях вакуума	26
П. В. Иванова. Лучи лунных кратеров и эллиптические образования	29
Ф. Ю. Зигель. Физические характеристики кометы 1948 g (Хонда — Бернаскони).	34
Е. Н. Крамер. О службе кометных радиантов	39
К. Н. Домбровский. Еще раз о законе планетных расстояний	46
В. Ф. Чистяков. Закон планетных расстояний	51
Н. Н. Садовский [Иван Иванович Путилин] (1893—1954)	57

Утверждено к печати Центральным советом
Всесоюзного астрономо-геодезического общества Академии наук СССР

Редактор издательства К. П. Гуров
Технический редактор А. А. Павловский Корректор В. Ф. Раскопова

РИСО АН СССР № 55-20В. Сдано в набор 16/XI 1955 г. Подп. в печать 17/II 1956 г.
Формат бум. 70 × 108¹/₁₆. Печ. л. 5,13+1 вкл. Уч.-изд. лист. 4,6 + вкл. 0,1 (4,7). Тираж 1300 экз.
Т-01482. Изд. № 1372. Тип. зак. 2059.

Цена 3 р 25 к.

Издательство Академии наук СССР. Москва, Б-64, Подсосенский пер., д. 21

2-я типография Издательства АН СССР. Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10

ИСПРАВЛЕНИЕ

В № 15(22) «Бюллетея ВАГО» в письме в Редакцию С. П. Срединского на стр. 47, 18 строка снизу, допущена ошибка: вместо «археологическую» следует читать «арсеологическую».